



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE UCHUVA
(*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO E
HIDROPONÍA PARA SU PRODUCCIÓN COMERCIAL
EN MÉXICO**

DIEGO IVAN OROZCO BALBUENA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2020

La presente tesis titulada: **Evaluación de cuatro variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en invernadero e hidroponía para su producción comercial en México** realizada por el alumno: **Diego Ivan Orozco Balbuena**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS
EDAFOLÓGIA**


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

+ 

Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR



Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza

ASESOR



Dr. Oscar Martín Antúnez Ocampo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2020

EVALUACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA PARA SU PRODUCCIÓN COMERCIAL EN MÉXICO

Diego Ivan Orozco Balbuena, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

La uchuva (*Physalis peruvianum* L.) es un fruto de gran importancia en varios países por sus propiedades medicinales. En México existe investigación en torno a manejo agronómico y nutrición de la variedad Colombia, pero la información acerca de otras variedades es escasa. Por todo lo anterior, fue importante evaluar la productividad de otras variedades, el objetivo del presente trabajo fue generar información sobre el desarrollo fenológico, productividad y calidad de los frutos de cuatro variedades de uchuva en condiciones de invernadero e hidroponía. En este estudio se realizaron dos experimentos; el primero considerado de alta densidad de siembra, bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, se evaluaron las variedades (Chiclayo, Colombia, Sacha y Modificada) en combinación de la concentración de la solución nutritiva Steiner (50, 100 y 150%), en el que se registraron las etapas fenológicas, se evaluaron las variables de rendimiento y calidad de frutos y concentración de nitrógeno total en tejido vegetal. El segundo considerado de baja densidad de siembra, bajo un diseño completamente al azar, sometiendo las cuatro variedades en la concentración de la solución nutritiva al 100% y solo se evaluaron las variables de rendimiento para comparar con el otro sistema. Las etapas fenológicas se expresaron en tiempos diferentes en cada variedad y estas estuvieron en función de la concentración de la cantidad de nutrientes. Se observaron diferencias significativas para las siguientes variables: altura de planta, frutos agrietados, acidez titulable, °Brix, I.M., CE del fruto. Colombia y Sacha de las variedades precoces y que presentaron mejor respuesta al rendimiento y calidad de frutos.

Palabras clave: uchuva, variedades, fenología, rendimiento, calidad, hidroponía.

EVALUATION OF FOUR VARIETIES OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) UNDER GREENHOUSE AND HYDROPONICS CONDITIONS FOR COMMERCIAL PRODUCTION IN MEXICO

Diego Ivan Orozco Balbuena, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is a fruit of great importance in several countries for its medicinal properties. In Mexico there is research on the nutrition and agronomic management of the Colombian variety, but information about other varieties is scarce. Therefore, it was important to evaluate the productivity of other varieties, the objective of this work was to generate information on the phenological development, productivity and fruit quality of four varieties of cape gooseberry under greenhouse and hydroponic conditions. In this study two experiments were carried out; the first one considered of high density of sowing, under a completely randomized design with factorial arrangement, the varieties (Chiclayo, Colombia, Sacha and Modified) were evaluated in combination of the concentration of the nutritive solution Steiner (50, 100 and 150%), in which the phenological stages were registered, the variables of yield and quality of fruits and concentration of total nitrogen in plant tissue were evaluated. The second one was considered of low planting density, under a completely randomized design, where the four varieties were evaluated in the concentration of the nutritive solution at 100% and only the yield variables were evaluated to compare with the other system. The phenological stages were expressed at different times in each variety and these were a function of the concentration of the amount of nutrients. Significant differences were observed for the following variables: plant height, cracked fruit, titratable acidity, °Brix, M.I., EC of the fruit. Colombia and Sacha of the early varieties that presented better response to yield and fruit quality.

Keywords: cape gooseberry, varieties, phenology, yield, quality, hydroponics.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se tuvo el financiamiento para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por permitirme entrar a sus aulas para continuar con mi formación profesional.

Al Dr. Manuel Sandoval Villa, por la amistad, los buenos consejos, la confianza y los aportes en mi formación y en la revisión del presente trabajo, y sobre todo le agradezco infinitamente su paciencia e invaluable apoyo que me brindo durante mi estancia en el COLPOS.

A la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza, por sus valiosas sugerencias, atención prestada y paciencia durante mi trabajo en campo y laboratorio.

Al Dr. Oscar Martin Antúnez Ocampo por el apoyo y las contribuciones en las revisiones de este trabajo.

A todos los profesores que participaron en mi formación, por compartir todo su conocimiento y experiencia.

A Jiosheline, Cielo, Adri, Ernesto, Marco y Alfonso por los buenos momentos que compartimos y por su apoyo durante la investigación.

A mis amigos que me brindaron su confianza, asesoría, consejos en el desarrollo de la investigación y compartieron momento de su vida conmigo; gracias.

DEDICATORIA

A mis padres Braulio Orozco Gallardo y Fernanda Balbuena Gómez:

Por su incondicional apoyo, consejos, enseñanzas, motivación y todo el cariño que nunca han descansado en darme.

A mi hermano Samuel:

Por estar conmigo y apoyarme en estos estudios.

A Luis, Chabeli, Jade y Helena

Gracias por creer en mí, por alentarme a vencer adversidades buscando la culminación de este sueño.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. OBJETIVO GENERAL.....	15
Objetivos específicos	15
3. HIPÓTESIS GENERAL.....	16
Hipótesis específicas	16
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
4.1 Generalidades del cultivo.....	17
4.1.1. Origen y distribución	17
4.1.2. Importancia del cultivo	17
4.2 Clasificación Botánica	18
4.3 Morfología	19
4.3.1. Planta.....	19
4.3.2. Hojas.....	19
4.3.3. Flores.....	19
4.3.4. Cáliz.....	19
4.3.5. Fruto	20
4.4 Requerimientos climáticos del cultivo	20
4.5 Requerimientos edáficos del cultivo.....	21
4.6. Requerimientos nutricionales del cultivo	21
4.6.1. Importancia y deficiencias de nitrógeno.....	21
4.6.2. Importancia y deficiencias de fósforo.....	22
4.6.3. Importancia y deficiencias de potasio	23
4.6.4. Importancia y deficiencias de calcio.....	23
4.6.5. Importancia y deficiencias de magnesio	24
4.6.6. Importancia y deficiencias de boro.....	24
4.6.7. Importancia y deficiencias de hierro.....	25

4.7. Manejo agronómico de la uchuva	25
4.7.1. Propagación.....	25
4.7.2. Prácticas culturales.....	26
4.7.3. Ciclo del cultivo	26
4.7.4. Cosecha.....	27
4.7.5. Manejo postcosecha	28
4.8. Descripción de la variedad.....	28
4.9. Factores relacionados con la calidad del fruto	30
4.10. Características físicas de calidad en frutos de uchuva	31
4.10.1. Color	31
4.10.2. Peso de fruto	31
4.10.3. Pérdida de peso.....	31
4.10.4. Firmeza	31
4.11. Características químicas de calidad en frutos de uchuva	32
4.11.1. pH	32
4.11.2. Antioxidantes	32
4.11.3. Acidez titulable.....	33
4.11.4. Sólidos Solubles Totales.....	33
4.11.5. Índice de madurez	33
4.12. Propiedades medicinales de la uchuva.....	34
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
5.1. Localización	36
5.2. Sistemas de producción.....	36
5.3. Material vegetal.....	36
5.4. Tratamientos y diseño experimental	37
5.5. Solución nutritiva.....	38
5.6. Variables en estudio.....	39
5.6.1. Registro de la fenología	39
5.6.2. Rendimiento.....	41
5.6.3. Calidad del fruto.....	41
5.6.4. Variables para concentración de nitrógeno total en tejido vegetal	44

5.7 Análisis estadístico.....	45
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1. Fenología y morfología de las variedades	46
6.1.1. Fenología.....	46
6.1.2. Lecturas SPAD	49
6.1.3. Conductividad Eléctrica (CE) y pH en savia	51
6.1.4. Altura y diámetro basal	52
6.2. Variables de rendimiento	55
6.2.1. Número total de frutos por planta	55
6.2.2. Peso acumulado de fruto con y sin cáliz.....	56
6.2.3. Peso promedio de fruto.....	57
6.2.4. Número acumulado de frutos agrietados	58
6.3. Variables de calidad.....	60
6.3.1. Acidez titulable (ácido cítrico)	61
6.3.2. Sólidos solubles totales (°Brix)	62
6.3.3. Índice de madurez (IM).....	63
6.3.4. Conductividad eléctrica del fruto.....	65
6.3.5. Vitamina C (ácido Ascórbico mg/100 g).....	65
6.3.6. pH del fruto	66
6.3.7. Diámetro de fruto	67
6.3.8. Firmeza.....	67
6.4. Nitrógeno total.....	68
7. CONCLUSIONES	72
8. LITERATURA CITADA	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación botánica de <i>Physalis peruviana</i> L.	18
Cuadro 2. Escala de grados de madurez en frutos de uchuva.....	27
Cuadro 3. Contenido nutrimental de la uchuva.	34
Cuadro 4. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a la variedad y la concentración de la solución Steiner.	37
Cuadro 5. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a la variedad y la concentración de la solución Steiner.	38
Cuadro 6. Fuente y cantidad de fertilizante (g) utilizado para preparar 1000 L de solución Steiner al 50, 100 y 150%.	39
Cuadro 7. Significancia estadística de las lecturas SPAD.....	49
Cuadro 8. Valor promedio de las lecturas SPAD por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.....	50
Cuadro 9. Significancia estadística de las variables pH y CE en savia de tallos y peciolo de hojas.....	51
Cuadro 10. Valor promedio del pH y la conductividad eléctrica (CE) de la savia de tallos y peciolo de hojas por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.....	51
Cuadro 11. Significancia estadística de la variable altura.	52
Cuadro 12. Valor promedio de la altura de la planta por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.....	53
Cuadro 13. Significancia estadística de la variable diámetro basal.....	54
Cuadro 14. Valor promedio del diámetro basal de la planta por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.	54
Cuadro 15. Significancia estadística de las variables de rendimiento en plantas de <i>P. peruviana</i> L.	55

Cuadro 16. Valor promedio de las variables del rendimiento de <i>Physalis peruviana</i> L. por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.....	57
Cuadro 17. Significancia estadística de las variables de calidad de fruto.	60
Cuadro 18. Significancia estadística de las variables de calidad de fruto.	60
Cuadro 19. Efecto de las variedades y la aplicación de las diferentes concentraciones de la solución sobre las variables de calidad de fruto.	66
Cuadro 20. Significancia estadística del contenido de nitrógeno total en dos etapas del ciclo de cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Escala, colores y estados de madurez en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).....	28
Figura 2. Curva estándar para vitamina C (ácido ascórbico).	43
Figura 3. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Chiclayo.....	47
Figura 4. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Colombia.	47
Figura 5. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Sacha.	48
Figura 6. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Modificada.	48
Figura 7. Efecto de la combinación de las concentraciones de la solución nutritiva con las variedades en la incidencia de frutos agrietados de <i>P. peruviana</i> L. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	58
Figura 8. Tipo de rajado en frutos de uchuva en la variedad Sacha.	59
Figura 9. Porcentaje de ácido cítrico de los frutos de cuatro las variedades de <i>Physalis peruviana</i> L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	61
Figura 10. Concentración de °Brix en los frutos de cuatro variedades de <i>Physalis peruviana</i> L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	62
Figura 11. Índice de madurez en los frutos de cuatro variedades de <i>Physalis peruviana</i> L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con	

distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	64
Figura 12. Conductividad eléctrica de los frutos de cuatro variedades de <i>Physalis peruviana</i> L. fertilizadas con tres soluciones nutritiva. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	65
Figura 13. Concentración de nitrógeno en hojas de <i>P. peruviana</i> L. variedad Colombia. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).....	69
Figura 14. Concentración de nitrógeno en hojas de <i>P. peruviana</i> L. variedad Chiclayo. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).....	70
Figura 15. Concentración de nitrógeno en hojas de <i>P. peruviana</i> L. variedad Sacha. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).	70
Figura 16. Concentración de nitrógeno en hojas de <i>P. peruviana</i> L. variedad Colombia. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).....	71

1. INTRODUCCIÓN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una especie frutícola originaria de los andes sudamericanos, caracterizada como una especie tolerante a diferentes condiciones ambientales y se adapta a diferentes tipos de suelo (Góngora y Rojas, 2006).

El fruto de *P. peruviana* es una baya carnosa de 1.25 a 2.50 cm de diámetro y peso entre 4.0 y 10.0 g; pertenece a la categoría de los carotenogénicos, los cuales durante su maduración cambian de color gradualmente hacia amarillo, naranja o rojo y se encuentran cubiertos por un cáliz, que los protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas (lluvia y radiación solar) (Palme, 2002).

En México, esta especie se le conoce como cereza del Perú o uchuva (Morton, 1987); sin embargo; existe escasa investigación en torno a su adaptación a los diferentes climas, suelos, plagas y enfermedades (Gastelum, *et al.*, 2013), solo se tiene la investigación de Mora *et al.* (2006) quienes caracterizaron seis especies de *P. peruviana*. Estos investigadores encontraron diferencias genotípicas significativas entre colectas para el rendimiento de fruto, peso fresco de fruto con y sin cáliz, porte de planta, altura a la primera bifurcación, diámetro de tallo y número de hojas.

La información disponible en la bibliografía solo se enfoca al manejo agronómico del ecotipo Colombia; por ejemplo, nutrición con diferente concentración de solución Steiner (Gastelum *et al.*, 2013), aplicación de diferentes proporciones de amonio y nitrato en plantas derivadas de semilla, rebrote y esqueje (Antúnez *et al.*, 2016; Tapia 2014), mejoramiento genético utilizando rayos gamma (Antúnez *et al.*, 2017), comportamiento fenológico en campo e invernadero Sabino (2013). Por todo lo anterior, sería importante evaluar la productividad de otras variedades en el país, pues se cuenta con excelentes oportunidades de mercado.

2. OBJETIVO GENERAL

Comparar el desarrollo fenológico, productividad y calidad de fruto de cuatro variedades de *Physalis peruviana* L., en condiciones de invernadero e hidroponía, por efecto de la concentración porcentual de la solución nutritiva Steiner.

Objetivos específicos

1. Registrar la fenología de las variedades de *Physalis peruviana* L. por efecto de la concentración de la solución nutritiva.
2. Evaluar las diferencias en el rendimiento de fruto y calidad de cuatro variedades de *Physalis peruviana* fertilizadas con diferente concentración (50, 100 y 150%) de la solución nutritiva Steiner.
3. Identificar la respuesta en rendimiento de la uchuva en función de la densidad de siembra y concentración de la solución nutritiva.
4. Determinar y comparar la concentración de nitrógeno total en el tejido vegetal de *Physalis peruviana* L. en función de la solución nutritiva Steiner.

3. HIPÓTESIS GENERAL

La absorción nutrimental será diferente entre las variedades de *Physalis peruviana* L. por la concentración de nutrientes en la solución nutritiva, influyendo en la fenología, productividad y calidad de fruto.

Hipótesis específicas

1. Las etapas fenológicas de cada variedad se expresarán en un periodo de tiempo similar en base a los días después de trasplante en las cuatro variedades.
2. La solución nutritiva Steiner en su concentración 150% incrementará el rendimiento y calidad en cada variedad de *Physalis peruviana* L.
3. Un sistema de baja densidad de siembra incrementará el rendimiento de las variedades en 200%.
4. La concentración al 150% de la solución Steiner incrementará la absorción de nutrientes por la planta y beneficiará la concentración de nitrógeno en el tejido vegetal.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Generalidades del cultivo

4.1.1. Origen y distribución

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es originaria de Perú: pero, existen indicios de que proviene de Brasil y fue aclimatada en los altiplanos de Perú y Chile. Entre Colombia y Chile crece como planta silvestre y semisilvestre en altitudes entre los 1,500 y 3,000 m (Fischer, 2000a). La planta pertenece a la familia de las solanáceas, especie herbácea de crecimiento indeterminado, crece aproximadamente 1.8 m de altura y en muchos lugares es considerada una maleza (Fischer, 2000a).

La especie *P. peruviana* fue introducida en Sudáfrica por los españoles y desde allí se ha trasladado a diferentes países del trópico y del subtrópico en donde se cultiva comercialmente. Se han reportado variedades comerciales en Estados Unidos y Nueva Zelanda. Por ejemplo, en los años ochenta en Colombia se evaluó el comportamiento de dos ecotipos de uchuva provenientes de Kenia y Sudáfrica (Fischer, 2000a).

4.1.2. Importancia del cultivo

Physalis peruviana es conocida por su fruto, éste es consumido en fresco cuando está totalmente maduro, y es usado para preparar helados, glaseados, conservas, postres variados, cócteles y licores. Por su alto contenido de pectina, la uchuva es apropiada para mermeladas, salsas y gelatinas. Su sabor al ser preparado en salsas combina con carnes, mariscos, vegetales y otros frutos, y secadas al sol se consumen como pasas (Sanjinés *et al.*, 2006). Es una excelente fuente de vitaminas A y C, así como algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y B12), además de fósforo y proteínas con un contenido excepcionalmente alto (NRC, 1989; Mazorra *et al.*, 2003).

Por ser una planta de origen silvestre y de gran importancia económica, se tiene la necesidad de aumentar su eficiencia en rendimiento y calidad. En Colombia es cultivada en campo y a la intemperie por pequeños productores que establecen densidades de 1600 plantas ha⁻¹ manejadas con bajo nivel de asistencia técnica. Lo anterior, ha

generado diversas prácticas basadas en la experiencia de cada agricultor, lo que a su vez implica un alto consumo de insumos y ausencia de tecnología (Sanabria, 2005). Pese al insuficiente nivel tecnológico, este cultivo es el segundo fruto que más exporta Colombia, y constituye una parte importante de la dieta alimenticia de los habitantes de este país (Flórez *et al.*, 2000). A pesar de ser un cultivo de gran importancia, no se han generado variedades mejoradas, solamente se conocen varios ecotipos o plantas originarias de regiones de Colombia, Kenia y Sudáfrica; los cuales se diferencian por el tamaño, color y sabor del fruto, forma del cáliz y porte de la planta (Fischer, 2000a).

4.2 Clasificación Botánica

Physalis peruviana pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis* (CCI, 2002) e incluye 100 especies conocidas entre plantas anuales y perennes, tres son cultivadas como hortalizas: *Physalis ixocarpa* Brot., *Physalis peruviana* L. y *Physalis pruinosa* L., y una como ornamental *Physalis alkekengii* L. (Abak *et al.*, 1994). López (1978) lo clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clasificación botánica de *Physalis peruviana* L.

Reino	Vegetal
División	Angiosperma
Subdivisión	Fanerógama
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Gamopétala
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanácea
Género	Physalis
Especie	peruviana
Nombre común	uchuva

4.3 Morfología

4.3.1. Planta

La uchuva es una planta perenne, arbustiva, ramificada, con hojas acorazonadas y pubescentes, que crece sin tutorado a una altura de 1 a 1.5 m mediante un patrón de crecimiento simpodial (Brücher, 1977), aunque con poda y espaldera puede llegar a sobrepasar los 2 m o más. Es de hábito indeterminado y la planta está cubierta de una suave vellosidad (Fischer, 2000b). El tallo es quebradizo, cilíndrico y de ramificación dicotómica con entrenudos, de color verde y está cubierto en su totalidad por vellosidades suaves, la raíz es pivotante, ramificada y profunda que proporciona un buen anclaje a la parte aérea (López, 1978).

4.3.2. Hojas

Las hojas son simples, de forma acorazonada y están insertadas alternamente con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo, y de 4 a 10 cm de ancho; se desarrolla una hoja por nudo en el tallo basal: mientras que, en la fase reproductiva se generan dos hojas por nudo. Fischer (2000) menciona que la planta puede desarrollar hasta 1 000 hojas o más, con un área foliar total de hasta 15,000 cm², y el tamaño de una hoja puede ser hasta 25-30 cm².

4.3.3. Flores

Las flores se localizan en las axilas de las hojas, estas son campanadas, pedunculares y hermafroditas con cinco pétalos amarillos soldados y cinco puntos morados en su base (Fischer *et al.*, 2011). El desarrollo del botón floral demora entre 18 y 21 días (Mazorra *et al.*, 2006). La polinización ocurre por insectos, el viento (NRC, 1989) y por autopolinización (Gupta y Roy, 1981).

4.3.4. Cáliz

El cáliz es gamosépalo y está formado por cinco sépalos, es vellosos con venas salientes y una longitud de 4 a 5 cm que cubre el fruto durante todo su desarrollo, pierde su clorofila

a partir de los 40-45 días después de su desarrollo. De acuerdo con Fischer y Ludders (1997) el cáliz juega un papel importante para la protección y formación del fruto, por lo que es considerado una fuente de asimilados, donde se ha encontrado que a partir de los primeros 20 días la sacarosa tuvo las concentraciones más altas. Baumann y Meier (1993) encontraron que el cáliz produce un vitanólido (4 β -hidroxivitanolido E y witanólido E) con efecto repelente contra insectos. Según Herrera (2000) el cáliz prolonga la vida postcosecha del fruto en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero debe realizarse el proceso de secado del cáliz para tener mayor protección y longevidad del fruto.

4.3.5. Fruto

El fruto de uchuva es una baya carnosa de forma ovoide o globular de 1.25 a 2.50 cm de diámetro y con peso entre 4 y 6 g, la piel del fruto es lisa y de un color amarillo-anaranjado intenso al madurar y en su interior contiene de 100 a 300 semillas de forma lenticular, desprovistas de hilos placentarios (Fischer, 2000b). El crecimiento y desarrollo del fruto comprende un periodo entre 60 y 80 días dependiendo del clima del lugar (Fischer *et al.*, 1997).

4.4 Requerimientos climáticos del cultivo

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados, y el efecto sobre uno de estos incide sobre el resto (Mora *et al.*, 2006).

Las condiciones climáticas como la temperatura, luz y humedad influyen en el porte de la planta, que puede comportarse como planta anual o perenne dependiendo del lugar de establecimiento como el tipo de suelo, pH y el manejo agronómico (Lanchero *et al.*, 2007).

El cultivo de uchuva se desarrolla con temperaturas mínimas de 13 a 18 °C y máximas entre 23 y 30 °C, pero, es susceptible a temperaturas extremas, mayores de 35 °C, dañan la floración y fructificación; las temperaturas nocturnas constantes inferiores a 10 °C impiden el crecimiento de la planta. Esta especie no resiste las heladas, pero tiene cierta

tolerancia a bajas temperaturas y puede rebrotar después de una helada poco severa, pero no se recupera si la temperatura desciende considerablemente (Fischer, 2000a). Además, para obtener frutos de óptima calidad se requiere una intensidad lumínica entre 1500 y 2000 horas anuales (Cedeño y Montenegro, 2004).

4.5 Requerimientos edáficos del cultivo

La uchuva al ser una planta semi-domesticada no requiere de suelo fértiles para su crecimiento (Fischer, 2000). Por ejemplo, en suelos erosionados crece como planta de cobertera, con un crecimiento vigoroso y rápida expansión. En Nueva Zelanda, se siembra en suelos pobres y secos para limitar el crecimiento de la planta y estimular la producción de frutos, ya que en suelos fértiles solo se induce el desarrollo vegetativo de manera exuberante (Góngora y Rojas, 2006). Por otro lado, en zonas con alto riesgo de humedad se recomienda sembrar en suelos arcillosos-arenosos, con buen drenaje y ricos en materia orgánica y con pH entre 5.5 y 6.8 (Cedeño y Montenegro, 2004).

4.6. Requerimientos nutricionales del cultivo

La caracterización del desarrollo morfológico y reproductivo de la planta, más el análisis de los síntomas de las deficiencias nutrimentales, son de gran utilidad en el diagnóstico de los desórdenes y desbalances nutricionales (Yeh *et al.*, 2000). Por lo anterior, la observación visual es un método de diagnóstico cualitativo, pues permite determinar en base a la experiencia las alteraciones nutricionales (Garate y Bonilla, 2008) Por otro lado, los síntomas dependen de la influencia que ejerce cada nutriente; en particular, en los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta (Mengel *et al.*, 2001). En el caso de la uchuva, las deficiencias nutricionales disminuyen el rendimiento y la calidad del fruto (Martínez *et al.*, 2008) y por tanto, reducen la rentabilidad del cultivo.

4.6.1. Importancia y deficiencias de nitrógeno

El nitrógeno (N) es el nutriente que más influye en el crecimiento y desarrollo las plantas, pues participa en la síntesis de aminoácidos y fotosíntesis; también, promueve la formación de ramas, hojas y frutos. En general, las plantas deficientes en este nutriente

presentan reducción en su crecimiento o pueden mostrar etiolación, con tallos y ramas más delgadas, y entrenudos cortos, también, hojas de color verde pálido o caída prematura de estas; posteriormente, se observa una clorosis generalizada a causa de la pérdida de clorofila. Cuando la deficiencia es severa, se desarrolla una coloración púrpura intervenal muy marcada, tanto en la lámina foliar como en el pecíolo (Navarro y Navarro, 2003).

Fischer y Angulo (1999), señalan que el N es el nutriente que más limita la productividad del cultivo de uchuva, ya que su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas, lo que afecta la cantidad y el tamaño de los frutos. Por otro lado, Martínez *et al.* (2008), mencionaron que la deficiencia de nitrógeno reduce la ramificación, floración y fructificación. Los síntomas en ramas son una coloración púrpura; mientras que, las hojas y el cáliz muestran un color verde claro, y los frutos tienen un color naranja claro.

4.6.2. Importancia y deficiencias de fósforo

El fósforo (P), es requerido por la planta en bajas cantidades, pero, desempeña un rol muy importante en un gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilación, incluida la incorporación del fosfato en los nucleótidos (ADP, ATP), por lo que el fósforo representa una función fundamental en la conservación y transferencia de energía (Mengel *et al.*, 2001).

En la planta de uchuva las deficiencias de P se manifiestan con una coloración verde oscura. Las hojas muestran una consistencia acartonada y textura rugosa, coloración que va de púrpura a parda en las venas principales de las hojas iniciando en el ápice, distribuida a manera de moteado y posteriormente se extiende a toda la hoja. En estado adulto las hojas se tornan completamente de púrpura a pardo amarillo y finalmente se desprenden del tallo (Martínez *et al.*, 2009).

4.6.3. Importancia y deficiencias de potasio

La planta requiere potasio (K) para generar la turgencia y mantenimiento del potencial osmótico celular, regulando la apertura de estomas. El K desempeña un papel fundamental en la calidad del fruto. En su ausencia, la planta disminuye su crecimiento, sus entrenudos son más cortos en tallo principal y ramas (Gómez, 2006).

Martínez *et al.* (2009) mencionan que los síntomas de deficiencias de K en el tejido foliar inician con manchas o puntos muy pequeños de forma irregular con tono claro y de apariencia húmeda. Posteriormente incrementan su tamaño, tornándose en pudriciones secas o manchas necróticas rodeadas de un halo clorótico, que luego cambia de un color amarillo a anaranjado intenso.

4.6.4. Importancia y deficiencias de calcio

El calcio (Ca) en la planta forma parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas, localizándose en la lámina media y en la pared celular primaria. Además, ejerce una acción favorable sobre el crecimiento radical y es necesario para el crecimiento de los tubos polínicos (Alcántar *et al.*, 2009).

Martínez *et al.* (2009) señalaron que los síntomas de la deficiencia de Ca, se observan tanto en hojas inferiores como en la parte superior de la planta. Por ejemplo, la falta de este nutriente en las hojas acelera el proceso de senescencia, manifestando una fuerte clorosis o color anaranjado intenso, que inicia desde la base de las hojas hasta extenderse completamente. En el cáliz provoca manchas necróticas en el ápice y deformación del mismo, lo cual evita que cubra totalmente el fruto; mientras que, los frutos muestran manchas redondas o alargadas de color crema o blanco y de tamaño variable. El suministro de calcio debe ser continuo, debido a que su deficiencia puede manifestarse en un periodo tan corto como en seis horas (Estrada, 2002).

4.6.5. Importancia y deficiencias de magnesio

El magnesio (Mg) es un componente específico de la clorofila (Wild y Jones, 1992), desempeña un papel importante como activador de enzimas involucradas en la respiración, fotosíntesis, y síntesis de ADN (Taiz y Zeiger, 2006).

Los síntomas de deficiencia de Mg se muestran principalmente en hojas del tercio medio de la planta, observándose un moteado o clorosis intervenal de color verde claro, que inicia en el ápice de la hoja y expande por los bordes hacia toda la lámina foliar en forma de “V” (Martínez *et al.*, 2009). En deficiencias severas aparecen pigmentos púrpuras en los márgenes de la hoja y el cáliz (Gómez, 2006).

4.6.6. Importancia y deficiencias de boro

El boro (B) juega un papel importante en la biosíntesis, en la estructura de la pared celular y en la integridad de la membrana plasmática (Marschner, 2002); también se involucra en el transporte de azúcares, la lignificación de la pared celular (Loomis y Durst, 1992) y elongación de la pared celular, síntesis de ácidos nucleicos y respuestas hormonales (Taiz y Zeiger, 2006). Martínez *et al.* (2009) señalan que las deficiencias de B afectan severamente la arquitectura de la planta, ocasionando una fuerte disminución en el crecimiento. Las hojas del tallo principal del tercio medio de la planta, adquieren una textura corrugada, consistencia acartonada y quebradiza, en general, la planta adquiere una forma de roseta. Se presenta una clorosis foliar generalizada que se acentúa en el tercio medio de la planta y se desarrollan pigmentos púrpuras a manera de mosaicos en las venas, expandiéndose desde el ápice a toda la lámina foliar (Navarro y Navarro, 2003).

Cooman *et al.* (2005) reportaron que el B en concentraciones deficientes induce el rajado del fruto; mientras que, Alarcón (2001) mencionó que la deficiencia de este micronutriente ocasiona tallos rajados, acorchados o huecos, estos síntomas se expresan porque el boro es requerido durante la formación de la pared celular.

4.6.7. Importancia y deficiencias de hierro

El hierro (Fe) es un elemento esencial en la nutrición de las plantas por estar implicado en los procesos metabólicos (Oliver, 2009). Este micronutriente es importante en la síntesis de clorofila, y participa en reacciones de óxido-reducción. Su disponibilidad está asociada al pH de la solución nutritiva, que al disminuir incrementa su disponibilidad y al aumentar disminuye (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

Los síntomas que caracterizan las deficiencias de Fe son el color amarillento entre las nervaduras de las hojas jóvenes conocida como clorosis férrica, ocasionada por una disminución de los pigmentos fotosintéticos (Espinoza, 2010). En deficiencias severas la clorosis puede ser completa, apareciendo zonas necróticas, abscisión precoz de las hojas, incluso defoliación total, reducción del crecimiento de la planta restringiendo la producción y calidad de los frutos (Mengel *et al.*, 2001).

4.7. Manejo agronómico de la uchuva

4.7.1. Propagación

La uchuva se propaga comúnmente por semilla (reproducción sexual), sin embargo, estas presentan alta variabilidad genética, por lo tanto, el vigor y crecimiento de la planta es heterogéneo; así como, el rendimiento y la calidad de los frutos. Otra forma de propagación que tiene la planta es la asexual, mediante esquejes. Esta alternativa es poco utilizada por el escaso manejo de la parte vegetativa y la formación de un sistema radical vigoroso (Moreno *et al.*, 2009). Cabe señalar que, la reproducción por esquejes es un método muy utilizado en diversos cultivos, teniendo en cuenta que, a pesar de su delicadeza, las estacas de tallo son de enraizamiento fácil y rápido (Campana y Ochoa, 2007).

Al respecto López *et al.* (2008), reportaron que en Colombia la uchuva se cultiva a nivel comercial por semilla, ya que presenta una germinación de 85 a 90 %; pero, la principal desventaja, es que se generan plantas y frutos con alta variabilidad (Almanza, 2000). Por

otro lado, estos autores mencionan que los estudios enfocados a la propagación de la uchuva son poco conocidos.

4.7.2. Prácticas culturales

El tutoreo es una práctica necesaria para la uchuva, ya que es una planta que puede crecer desde 1.5 a 1.8 m, sus tallos son débiles y conforme van creciendo tienden a acamarse, por lo que es recomendable utilizar tutoreo, el más utilizado es el que permite la formación de la planta en “V”.

La poda sanitaria o de mantenimiento es muy importante en este cultivo, ya que ayuda a regular la producción, disminuye la humedad relativa, permite el mejor aprovechamiento de luz, aumenta la productividad, mejora la calidad del fruto y facilita las labores de recolección de frutos (Duran, 2009).

En uchuva, como en cualquier cultivo, las malezas son consideradas como un factor limitante por su interferencia directa con las plantas cultivadas, y los recursos por los cuales pueden competir son agua, luz, nutrientes y espacio, e indirectamente pueden incidir en la dinámica de las plagas y el desarrollo de enfermedades, y en algunos casos por efectos alelopáticos (Pinilla y García, 2002).

4.7.3. Ciclo del cultivo

Desde el trasplante en campo hasta la primera cosecha transcurren, en promedio, 90 días dependiendo de la altitud, en zonas más altas este período es más largo. Una vez que se inicia la cosecha esta es continua, permitiendo realizar recolecciones semanales y en ocasiones dos por semana, dependiendo de los grados de madurez y los requerimientos del mercado. Con un manejo agronómico adecuado, especialmente lo relacionado con fertilización, podas, controles fitosanitarios y suministro de agua, el cultivo puede alcanzar una vida productiva de hasta dos años (Zapata *et al.*, 2002).

4.7.4. Cosecha

Existen varios métodos para definir el momento más apropiado para la recolección, sin embargo, el indicador más utilizado por los productores y comercializadores es el color del cáliz o capacho. El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) a través de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4580 (1999) describe cada uno de los diferentes estados de color (Cuadro 2 y Figura 1). La recolección de la fruta es manual y se realiza con tijera para cortar el pedúnculo o aplicando un movimiento hacia arriba para desprender el fruto con facilidad. El estado de la fruta debe ser de maduración uniforme y los recipientes de cosecha deben ser adecuados para evitar daño a la fruta por sobrepeso (Cedeño y Montenegro, 2004).

Cuadro 2. Escala de grados de madurez en frutos de uchuva.

Escala	Aspecto externo del fruto
0	Fruto fisiológicamente desarrollado color verde oscuro
1	Fruto de color verde poco más claro
2	El color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen tonalidades color naranja
3	Color naranja claro con visos verdes hacia la zona del cáliz
4	Color naranja claro
5	Color naranja
6	Color naranja intenso



Figura 1. Escala, colores y estados de madurez en frutos de *Physalis peruviana* L. (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).

4.7.5. Manejo postcosecha

Alvarado *et al.* (2004) encontraron que la uchuva sin cáliz resiste sin deterioro de calidad el tratamiento cuarentenario de frío durante 16 días a temperatura ≤ 1.67 °C. La temperatura de almacenamiento de la uchuva de 12 °C es utilizada por los comercializadores y exportadores de Colombia, debido a que disminuye el metabolismo del fruto. Por su parte Herrera (2000) señala que el cáliz del fruto prolonga la vida postcosecha en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero para obtener mayor protección y longevidad se deben realizar los procesos de secado del cáliz.

4.8. Descripción de la variedad

En los registros oficiales no se han reportado variedades de uchuva, solo se han seleccionado y reproducido materiales que se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas de cada país, los cuales se les denomina ecotipos. Entre las más conocidas están las siguientes:

Colombia

Los frutos de esta variedad son bicarpelares y pequeños con coloraciones más vivas comparadas con los ecotipos Kenia y Sudáfrica que son tricarpelares, razón por la cual son de mayor tamaño; además, se distingue por la forma del cáliz, el comportamiento fisiológico y el sabor del fruto (Mazorra *et al.*, 2006). Los frutos tienen forma de globo, son grandes y al madurar son de color amarillo intenso con un alto contenido de azúcares, pero con menor concentración de ácido cítrico similar al ecotipo Kenia. Estas características hacen que sea el fruto más comercializado para exportación (Narváez, 20003; Fischer *et al.*, 2007).

Kenia

Se caracteriza por presentar marcas longitudinales en el tallo y en las ramas laterales, el tamaño de las hojas y el área foliar son menores que Colombia y Sudáfrica. Los frutos son grandes y de forma alargada de color amarillo intenso con menor concentración de ácido cítrico en comparación con los demás materiales, además, presenta mayor rendimiento por planta (Narváez, 20003; Fischer *et al.*, 2007).

Sudáfrica

Los frutos presentan mayor diámetro y peso, así como el mayor peso de semillas por fruto; el fruto y cáliz son achatados (Fischer *et al.*, 2007).

Ambateño

El tamaño del fruto es mediano con una coloración entre verde y amarillo, contienen una alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agrídulce y aroma que destaca sobre el resto de ecotipos (Narváez, 2003).

Ecuatoriano

Ecotipo que produce frutos más pequeños que los anteriores; tienen un color amarillo intenso y un aroma agradable (dulce), así como un alto contenido de vitaminas A y C (Narváez, 2003).

Silvana

La variedad Silvana muestra su potencial productivo y vigorosidad en su capacidad para mantener un mayor peso de frutos, lo cual puede atribuirse a una eficiente captación de radiación solar, mediante una estructura que permita una amplia área foliar que optimice sus procesos fotosintéticos la distribución y asignación de la materia seca (Marcelis, 1992; Iglesias *et al.*, 2003).

Existen accesiones de *P. peruviana* L. en bancos de germoplasma de Corpoica y universidades de Colombia. Por ejemplo, Herrera *et al.* (2011) reportaron 54 accesiones de esta especie en el noriente de Colombia, donde determinaron que los materiales silvestres presentaron un alto contenido de °Brix, pero alta incidencia de rajado de fruto; mientras que, los cultivados tuvieron un mayor rendimiento. Por otro lado, Estados Unidos tiene los cultivares Peace, Giant Groundberry, Giallo Grosso, Giant, Giant Poha Berry, Golden Berry y Golden Berry-Long Ashton, mientras que Australia registra los cultivares Golden Nugget o New Sugar Giant (Fischer, 2000).

4.9. Factores relacionados con la calidad del fruto

Los factores genéticos, climáticos y agro culturales típicos de cada región productora son variables que afectan la calidad postcosecha (Márquez *et al.*, 2009), también la temperatura y la luz desempeñan un papel muy importante en el tamaño, color, contenido nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto (CCI, 2002). La planta de uchuva se desarrolla muy bien en altitudes entre 1800 y 2800 m, rango óptimo para los mejores cultivos (CCI, 2002; Márquez *et al.*, 2009; Mazorra *et al.*, 2003). Angulo (2005) por otra parte indica que los frutos que se desarrollan en zonas de 1800 a 1900 m pueden ser de menor peso que los de mayor altura. Crisosto y Mitchell (2007) mencionan algunos factores que afectan la calidad postcosecha en frutas y hortalizas tales como el cultivar,

genotipo del patrón, la nutrición mineral, las aspersiones foliares de nutrientes, el régimen de riego, el manejo de la copa de los árboles y la rotación de cultivos.

4.10. Características físicas de calidad en frutos de uchuva

4.10.1. Color

El color característico de los frutos carotenógenos como la uchuva, tomate y cítricos se encuentra en los cloroplastos y al madurar estos se transforman en cromoplastos, los cuales contienen carotenoides que son los pigmentos amarillo-rojizos de las frutas (Fischer y Martínez, 1999). Los carotenoides más abundantes en los frutos de uchuva son β -caroteno, α -caroteno y β -cryptoxanthina (Fischer *et al.*, 2000).

4.10.2. Peso de fruto

De acuerdo con el CCI (2002) los frutos de *Physalis peruviana* ecotipo Colombia pesan entre 4 y 5 g en promedio y con un diámetro que oscila entre 1.25 y 2.5 cm. Mazorra *et al.* (2003) encontraron que frutos desarrollados a una altitud de 2100 m presentaron mayor peso (6.95 g) que los de altitudes menores a 1900 m (5.12 g). La uchuva tiene la capacidad de acumular agua y materia seca, lo que contribuye favorablemente al crecimiento e incremento de peso hasta la cosecha (Fischer y Martínez, 1999).

4.10.3. Pérdida de peso

Las principales causas de la pérdida de peso en los productos agrícolas son los procesos de transpiración y respiración; así mismo, el déficit de presión de vapor de agua entre el fruto y el ambiente generan grandes pérdidas de agua, que se refleja en reducción significativa del peso fresco; es decir entre mayor sea el déficit mayor será la pérdida del peso fresco del fruto (Lanchero *et al.*, 2007).

4.10.4. Firmeza

La firmeza de una fruta disminuye a medida que avanzan los procesos de maduración como consecuencia de la reducción del almidón presente, que genera amilasas por la activación del etileno; estas a su vez producen dextrinas o glucosa. A medida que

empieza la senescencia del fruto las pectinas se disuelven (pasan de la pared celular al jugo); por tanto, disminuyen por la acción de las poligalacturonasas que producen ácido galacturónico libre, el cual ocasiona el ablandamiento del fruto (Rodríguez, 2003).

4.11. Características químicas de calidad en frutos de uchuva

4.11.1. pH

Los frutos de uchuva presentan la tendencia de los frutos en el proceso de madurez tornándose menos ácidos con el paso del tiempo de almacenamiento, por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Kays, 1997). Lo anterior lo confirmaron Lancho *et al.* (2007), en un experimento de vida de anaquel de cuatro semanas, pues observaron que el pH aumento en la tercera semana por la disminución de los ácidos orgánicos presentes en la pulpa del fruto, durante el proceso de senescencia. Al respecto Martínez *et al.* (2008), reportaron valores de pH entre 3.5 y 3.7 en frutos de plantas fertilizadas con solución nutritiva (incompleta en nutrientes). Por otro lado, Mendoza *et al.* (2012) encontraron en uchuva un pH de 3.72; mientras que, Gastelum *et al.* (2013) obtuvieron un pH entre 3.7 y 4.5, con cuatro concentraciones de la solución Steiner.

4.11.2. Antioxidantes

Repo y Encina (2008) indican que la capacidad antioxidante de un alimento se debe a los diferentes compuestos presentes entre los cuales están los fenoles, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc., que están en los frutos de la uchuva y que son el potencial antioxidante, que tiene un efecto sinérgico entre los compuestos bioactivos que conforman el fruto. Estos autores mencionan que mientras el fruto de *Physalis peruviana* aumenta en madurez sus compuestos bioactivos (contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenos totales) incrementan la capacidad antioxidante. Colli (2018) encontró que los frutos de uchuva en madurez comercial presentan mayor concentración de flavonoides y capacidad antioxidante y que estos se incrementan conforme aumenta la conductividad eléctrica de la solución nutritiva que se le suministra

a la planta, mientras que la concentración de compuestos fenólicos aumenta días después de la madurez comercial o madurez postcosecha.

4.11.3. Acidez titulable

En la uchuva con el aumento de la maduración se observa un descenso uniforme de la acidez, por lo que la disminución de los ácidos en el fruto indica generalmente que se están utilizando como sustrato de respiración (Fischer y Martínez, 1999; Lanchero *et al.*, 2007). También se menciona que, a mayor volumen del fruto, disminuye la concentración porcentual de la acidez debido a un efecto de dilución.

En los frutos de uchuva la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico con un 85%. Fischer y Martínez (1999) analizaron 100 g de fruto fresco y encontraron 2.3 g de ácido cítrico, mientras que de ácido málico 0.25 g y de ácido tartárico 0.17 g. Herrera (2000) reportó que las uchucas de buena calidad tienen porcentajes de acidez titulable entre 1.6 y 2.0%, mientras que Ávila *et al.* (2006) encontraron valores de 2.2 a 2.7%, pero estos descendieron con el paso de los días en almacenamiento.

4.11.4. Sólidos Solubles Totales

El aumento de azúcares es producto de la hidrólisis del almidón y la síntesis de sacarosa, así como la oxidación de ácidos consumidos en la respiración por el desdoblamiento de sustancias de reserva (Hernández, 2001) y que de acuerdo con Ávila *et al.* (2006) a medida que el estado de madurez aumenta el contenido de los azúcares también se incrementa. Por otra parte, Fischer y Martínez (1999) indicaron que la madurez se refleja, entre otros aspectos, por el contenido de los sólidos solubles totales (SST) medidos como grados Brix. Los sólidos solubles totales diluidos en el jugo están constituidos por un 80 a 95% de azúcares. El azúcar con mayor contenido en el fruto de uchuva es la sacarosa, seguida por la glucosa y después la fructuosa (Novoa *et al.*, 2006).

4.11.5. Índice de madurez

El índice de madurez determina el grado de maduración de los frutos, como resultante de la relación entre los sólidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de acidez de los

frutos. Pantastico (1981) señaló que un fruto tropical como la uchuva en su óptima madurez muestra mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta menor concentración de acidez.

4.12. Propiedades medicinales de la uchuva

El fruto de uchuva se caracteriza por ser una fuente de vitamina A y C; también por tener altas concentraciones en el fruto de fósforo, hierro, potasio y zinc (Wu *et al.*, 2005). Sus frutos redondos y succulentos de tamaño pequeño y de apariencia agradable, comestible, de color amarillo dorado a naranja son características que le dan a esta fruta una apariencia muy apetecible en el mercado, al igual que su exquisito aroma. Su jugo contiene altos contenidos de pectinas, lo cual reduce los costos en la elaboración de mermeladas y otros productos similares como se indica en el cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido nutrimental de la uchuva.

Componente	Contenido en una porción de 100 g de pulpa
Agua	85.9 g
Proteína	1.5 g
Grasa	0.5 g
Carbohidratos	11.0 g
Fibra	0.4 g
Calcio	9.0 mg
Fósforo	21.0 mg
Hierro	1.7 mg
Ácido ascórbico	20.0 mg
Niacina	0.8 mg
Vitamina A	1730 UI
Calorías	49.0

Fuente: Fischer (2000a).

Desde hace poco más de una década se ha reconocido que algunos alimentos tienen la capacidad no solo de aportar nutrientes sino también de mejorar algunos aspectos medicinales; estos se han llamado “alimentos funcionales”. Al género *Physalis* se le atribuyen características inmuno-estimulantes, anticancerígenas, antibacterianas, antivirales y diuréticas, entre otras. En Colombia, los productos farmacéuticos elaborados a base de frutas andinas son un mercado inexplorado (Ligarreto *et al.*, 2005).

Estudios realizados por la Corporación Colombia Internacional - CCI, la Universidad de Los Andes y el Departamento de Planeación Nacional (1994), en diferentes regiones de Colombia se le atribuyen a esta planta otras propiedades medicinales como las de purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, aliviar problemas en la garganta, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y controlar la amibiasis.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

La investigación se realizó en el Área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados en el Campus Montecillo, ubicado en el km 36.5 de la carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, en el Estado de México durante los meses de mayo a diciembre de 2019. El experimento se desarrolló en un invernadero (50 m²) que cuenta con ventilación cenital y cortinas laterales, estructura de acero galvanizada y cubierta de polietileno UVII-720. Se encuentra ubicado en las coordenadas 19° 27'41.0" Latitud Norte y 98° 54'32.2" Longitud Oeste, a una altitud de 2,243 m.

5.2. Sistemas de producción

Para las variables de rendimiento, se evaluaron dos sistemas de densidad de población. Un sistema de alta densidad con 2.5 plantas . m⁻² para las cuatro variedades con plantas de origen de semilla en combinación con las tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner y un sistema de baja densidad con 0.3 plantas . m⁻² para las cuatro variedades con plantas de origen de esquejes enraizados, en la concentración al 100% de la solución nutritiva. El resto de las variables en estudio se evaluaron en el sistema de alta densidad.

5.3. Material vegetal

Para llevar a cabo el experimento, la variedad Sacha y Modificada provinieron de Ecuador, la variedad Chiclayo de Perú y Colombia es la variedad con la que se ha realizado la investigación en la institución, con una tasa de germinación del 80%. Las semillas utilizadas se sembraron en charolas de unicel de 200 cavidades con turba (peatmoss) como sustrato, colocando una semilla por cavidad y se regaron dos veces por día con agua de llave.

Para el sistema de baja densidad de población, el enraizamiento se realizó en 20 esquejes de 20 cm que se eligieron del estrato medio de la planta de cada variedad. Se le dejaron las hojas y se colocaron en una placa de unicel con un diámetro de 40

cm que esta se colocó en una bandeja de diámetro similar y se llenó con agua de la llave, cambiando el agua cada 5 días.

Preparación del sustrato y llenado de bolsas

Se cribó el tezontle rojo para obtener una granulometría entre 5 y 7 mm, se desinfectó con hipoclorito de sodio (*Cloralex®*) en una proporción de 1:10; efectuando tres lavados con agua de llave. Posteriormente, se llenaron bolsas negras de polietileno de 40 x 40 cm, previamente perforadas para favorecer el drenaje.

Trasplante. Cuando las plántulas tuvieron 10 cm de altura promedio y una buena cantidad de raíces, se realizó el trasplante que fue a los 56 días después de la siembra.

Control de plagas. El control de gusano falso medidor (*Trichoplusia ni* Hubner) se hizo con soluciones preparadas con extracto de ajo en dosis de 75 mL 15 L⁻¹ de agua.

5.4. Tratamientos y diseño experimental

El experimento fue establecido el día 26 de julio de 2019. Se condujo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, los tratamientos evaluados resultaron de la combinación de los niveles del factor variedad (Colombia, Sacha, Chiclayo y Modificada) con los niveles del factor concentración de la solución nutritiva Steiner (50, 100 y 150%) con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue una planta en maceta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a la variedad y la concentración de la solución Steiner.

Concentración Steiner (%)	Variedad	Simbología
50	Colombia	T1
	Sacha	T2
	Chiclayo	T3
	Modificada	T4

100	Colombia	T5
	Sacha	T6
	Chiclayo	T7
	Modificada	T8
150	Colombia	T9
	Sacha	T10
	Chiclayo	T11
	Modificada	T12

Para el caso del sistema de baja densidad, se condujo en un diseño completamente al azar, donde los tratamientos fueron las cuatro variedades en la concentración al 100% de la solución nutritiva de Steiner (Cuadro 5).

Cuadro 5. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a la variedad y la concentración de la solución Steiner.

Concentración Steiner (%)	Variedad	Simbología
100	Colombia	T2
	Sacha	T4
	Chiclayo	T1
	Modificada	T3

5.5. Solución nutritiva

Para la aplicación de los tratamientos se usaron tres tanques con capacidad de 1000 L cada uno, en los cuales se preparó la solución nutritiva universal Steiner (1984) en tres diferentes concentraciones, ajustando el pH entre 5.5 y 6.5 usando ácido sulfúrico. Los riegos con solución nutritiva se aplicaron seis veces al día, con una duración de 10 minutos cada riego, esto a través de un sistema de riego por goteo con goteros con gasto de 4 LPH aplicando 700 mL en cada riego. La solución nutritiva se preparó con las fuentes y cantidades de fertilizante que se indican en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Fuente y cantidad de fertilizante (g) utilizado para preparar 1000 L de solución Steiner al 50, 100 y 150%.

Fuente	Solución nutritiva Steiner (%)		
	50	100	150
Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	531	1062	1593
KNO ₃	151.5	303	454.5
MgSO ₄ .7H ₂ O	245.5	491	736.5
K ₂ SO ₄	130.5	261	391.5
KH ₂ PO ₄	68	136	204
Mezcla de micros	40	40	40

5.6. Variables en estudio

5.6.1. Registro de la fenología

Las etapas fenológicas se registraron hasta que en tres de las cuatro repeticiones se presentó cada fase, teniendo así las siguientes variables:

5.6.1.1. Días a germinación

Se contabilizaron los días transcurridos desde la emergencia hasta que se tuvo un 50% de la germinación.

5.6.1.2. Días a floración

Se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta la emisión de la primera flor.

5.6.1.3. Días a amarre

Se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta el cuajado o la formación del fruto.

5.6.1.4. Días a maduración

Comprendió desde el trasplante hasta el color amarillo del primer fruto en las tres repeticiones.

5.6.1.5. Días a producción

Comprendió desde la emergencia hasta que se inició la cosecha de los primeros frutos en cada planta. Posterior al registro de esta fase, se cosechó durante 65 días.

Luego se realizaron toma de datos para las variables fisiológicas, las cuales se realizaron en los primeros 52 días después del trasplante y se sometieron a su respectivo análisis estadístico.

5.6.1.6. Lecturas SPAD

Con el medidor portátil SPAD-502 Minolta® a los 46 ddt se determinó el índice de verdor de las hojas, en cada repetición de los tratamientos se realizaron una lectura SPAD en cada punto cardinal en el estrato medio de la planta y se calculó el promedio por planta.

5.6.1.7. Conductividad eléctrica y pH en savia

Se cortaron tallos y pecíolos de brotes jóvenes de cada tratamiento, ubicados en el estrato medio de la planta, posterior se picaron lo más fino posible para pasarlo a una licuadora y con velocidad baja para acabar de triturar. Posterior se pasó a una malla antiáfidos y generando una presión con las manos se obtuvieron 40 mL de savia, se midieron las variables con un Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura PC18, marca Cundotronic®.

5.6.1.8. Diámetro basal del tallo

Se midió en la base del tallo con un vernier digital el grosor del tallo cada 15 días durante los primeros 52 ddt, coincidiendo en la etapa vegetativa y reproductiva de las plantas.

5.6.1.9. Altura de planta

Se midió con una cinta métrica de sastre, tomando como base el cuello del tallo cada 15 días durante los primeros 52 ddt, solo fue posible en estos días por el cuidadoso manejo que requería la planta y así no causar daños en el desarrollo de la planta.

5.6.2. Rendimiento

Las variables que determinaron en el rendimiento son: número de frutos buenos por planta, frutos agrietados, peso de frutos con y sin cáliz, peso promedio, haciendo 7 cosechas con lapso de ocho días durante 65 días iniciada la cosecha del primer fruto en el experimento.

5.6.3. Calidad del fruto

5.6.3.1. Sólidos Solubles Totales (SST)

Se determinaron mediante el método descrito por la AOAC (1998), para lo cual se tomó una gota de jugo del fruto de uchuva correspondiente a cada tratamiento evaluado, se midió con un refractómetro digital portátil ATAGO® (Tokio, Japón), con escala de 0-53 %, expresado en °Brix, previamente calibrado con agua destilada.

5.6.3.2. pH y conductividad eléctrica (CE) en fruto

Para la determinar estos parámetros se maceraron y homogenizaron 2 g de pulpa de fruto en 10 mL de agua destilada; posteriormente, a la muestra se le colocó un medidor EC-3 HM digital y un medidor de pH digital ATC previamente calibrado, que mide conductividad y pH para realizar las lecturas correspondientes.

5.6.3.3. Firmeza

La firmeza se midió en la región ecuatorial del fruto (sin cáliz), con un medidor marca Wagner Force Dial FDK 160, provisto de punta cónica y registra la resistencia kgf; donde los kgf se convierten a N mediante un factor de conversión multiplicando por 9.81.

5.6.3.4. Acidez titulable

Se determinó conforme al método AOAC (1998). Se tomaron 10 g de pulpa molida de fruto fresco y se le añadieron 50 mL de agua destilada; posteriormente, se macero y filtró a través de papel Whatman No. 4. Del filtrado se tomaron alícuotas de 5 mL y se titularon con NaOH 0.1 N, dejando caer gota a gota hasta observar el cambio de color o vire, el cual permaneció de 10 a 15 s. El cambio de color fue tenue, de un color rosa, utilizando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{ácido cítrico (\%)} = \frac{(mLNaOH)(N de NaOH)(0.064)(VT)(100)}{(\text{peso muestra, g})(\text{alícuota})}$$

Dónde:

mL NaOH = volumen gastado de NaOH

N de NaOH = normalidad del NaOH

VT = volumen total de muestra

0.064 = peso equivalente del ácido cítrico

5.6.3.5. Índice de madurez

El índice de madurez fue calculado como el valor obtenido de la división entre los sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de Acidez Titulable (AT).

5.6.3.6. Vitamina C

Se determinó de acuerdo al método de Tilman descrito por la A.O.A.C (1984), el cual se basa en la oxidación de 2,6 dicloroindofenol y se utiliza ácido oxálico como solución extractora. Para esto se mezcló 0.5 g de frutos de uchuva en 10 mL de ácido Oxálico al 0.5%, enseguida se homogeneizó y reposó por cinco minutos, posteriormente se filtró la muestra con papel filtro de poro cerrado (Whatman No. 40) en matraz Erlenmeyer, de lo

filtrado se tomaron cinco mL y se prosiguió a titular con una solución 2,6-Dicloroindofenol. Adicionalmente se preparó una curva patrón de ácido ascórbico con concentraciones conocidas (Figura 2). Los cálculos se realizaron con la fórmula determinada. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico por 100 g de fruta ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

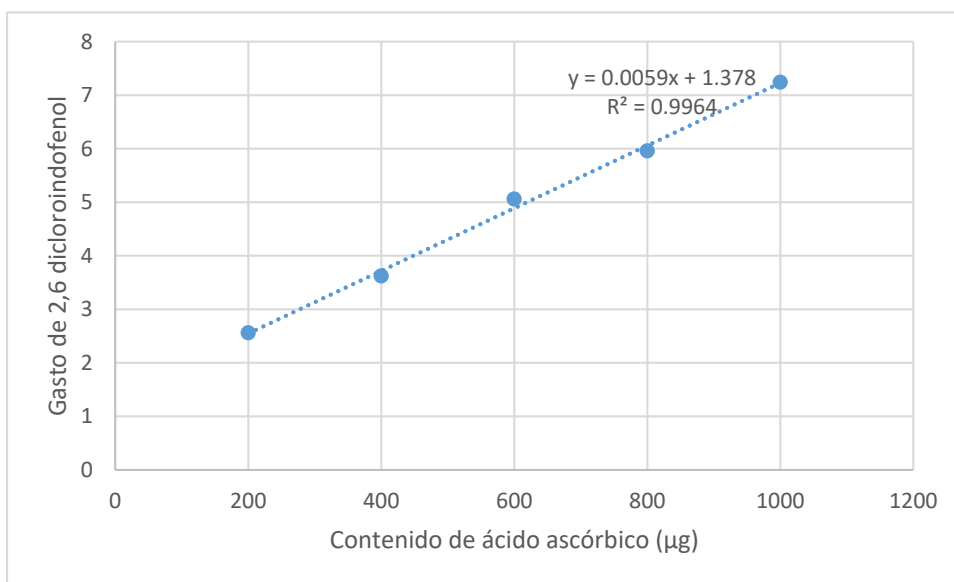


Figura 2. Curva estándar para vitamina C (ácido ascórbico).

La ecuación resultante es la siguiente:

$$y = 0.0059x + 1.378$$

Donde:

$$y = \text{mL de 2,6- Dicloroindofenol} \quad x = \mu\text{g de ácido ascórbico}$$

Despejando la ecuación para obtener el contenido de ácido ascórbico, se obtiene la fórmula.

$$x = (y - 1.378) / 0.0059$$

$$\mu\text{g de ácido ascórbico} = (\text{mL de 2-6 Dicloroindofenol} - 1.378) / 0.0059$$

5.6.4. Variables para concentración de nitrógeno total en tejido vegetal

El análisis nutrimental consistió en muestrear (cortar) aproximadamente 40 hojas del estrato medio de la planta en etapa vegetativa y productiva, con tres repeticiones por cada tratamiento. Las muestras de tejido vegetal se sometieron a secado en una estufa por 72 horas, a una temperatura de 75 °C. Una vez secas las muestras se molieron (molino Thomas Scientific Model 4 Wiley Mill) y se colocaron dentro de sobres de papel grueso, almacenándolos en un lugar fresco, seco y en ausencia de luz hasta su uso.

5.6.4.1. Determinación de nitrógeno total

El nitrógeno (N) total se determinó con el método microKjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999), de las partes aéreas de las plántulas. Se pesó 0.1 g de muestra seca molida y se depositó en un matraz de digestión de 30 mL, se le agregó 1.5 mL de la mezcla de ácidos sulfúrico-salicílico (1 g de ácido salicílico (C₇H₆O₃) en 30 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)), y se dejó reposar durante una noche (pre digestión); después se adicionó 0.2 g de la mezcla catalizadora de sulfatos (96 g de Na₂SO₄ con 0.5 g de selenio metálico y 3.5 g de CuSO₄; se molió y pasó por un tamiz de 40 mallas) y se calentó durante 5 min, evitando la formación de espuma, se sometió a digestión en planchas de arena a 300 °C, hasta obtener un extracto de color verde claro, posteriormente se dejaron enfriar y se le agregaron 10 mL de agua destilada; enseguida se pasaron al destilador donde se le agregaron 10 mL de NaOH al 50% y se calentó. El destilado se recibió en un matraz de 250 mL que contenía 20 mL de ácido bórico al 4% más cinco gotas (0.2 mL) del indicador verde bromocresol + rojo de metilo, hasta lograr 50 mL del destilado. La titulación de la solución extraída se hizo con ácido sulfúrico 0.05 N, que, al mezclarse con la solución, viró a un color rosado; enseguida se cuantificó el gasto del ácido para realizar los cálculos con la ecuación siguiente:

$$N (\%) = \frac{(V_{muestra} - V_{blanco}) N_{acido} \times 14}{muestra \times 10}$$

Donde:

Vmuestra = volumen del ácido sulfúrico para titular la muestra.

Vblanco = volumen de ácido sulfúrico para titular el blanco.

N = normalidad exacta del ácido sulfúrico. 14 = peso mili-equivalente del N (mg). muestra = peso en gramos.

10 = factor para convertir en porcentaje (1000/100).

Para preparar el indicador se realizó una solución acuosa al 0.1% de verde de bromocresol (100 mg de verde de bromocresol agregando 2 mL de NaOH 0.1 N y aforado a 100 mL con agua destilada). A su vez, se preparó una solución al 0.1% de rojo de metilo en alcohol etílico (100 mg de rojo de metilo en 100 mL de alcohol y antes de aforar se añaden 3 mL de NaOH 0.1 N). Finalmente, se mezclaron 75 mL de la solución de indicador verde de bromocresol con 25 mL de indicador rojo de metilo y se diluyó a 200 mL con alcohol etílico.

5.7 Análisis estadístico

Las variables en estudio se sometieron a un análisis de varianza (ANAVA) y prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

El modelo estadístico, se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + V_i + S_j + VS_{ij} + EE_{ijk}$$

Y_{ij} = variable respuesta

μ = media poblacional

V_i = efecto del i-ésimo nivel de la variedad

S_j = efecto del j-ésimo nivel de la concentración Steiner

VS_{ij} = efecto de la interacción variedad y la concentración de Steiner

EE_{ijk} = error experimental

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Fenología y morfología de las variedades

6.1.1. Fenología

Los caracteres morfológicos de las tres variedades de uchuva introducidas fueron diferentes con respecto a la variedad Colombia, sobre la que se ha hecho toda la investigación.

Colombia: cáliz con 5-6 costillas, hojas grandes, fruto de 13-25 mm de diámetro. A continuación, se enmarcan las diferencias de las nuevas variedades.

Chiclayo: Cáliz con cinco costillas y con una forma alargada, hojas grandes, fruto de 17-22 mm de diámetro.

Sacha: Cáliz de 6-7 costillas muy nervado, hojas grandes, fruto de 17-25 mm de diámetro.

Modificada: tallos muy pubescentes con coloraciones purpura, con entrenudos cortos, hojas chicas muy pubescentes con tamaño de 5-12 cm de largo y de 6-10 cm de ancho, cáliz color café en maduración de 9 a 10 costillas, fruto de 10-18 cm de diámetro, color café verdoso, sabor similar al del tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

El tiempo de ocurrencia de las etapas fenológicas de cada variedad no se registraron a la par. En la variedad Chiclayo, la etapa vegetativa y reproductiva (Figura 3), tuvieron la misma tendencia con todas las soluciones nutritivas; es decir, cualquier concentración nutritiva (50 a 150%) indujo en tiempo similar la etapa vegetativa y reproductiva; sin embargo, la etapa de producción se retardo con la solución Steiner al 100%, pues los frutos maduraron en promedio a los 104 días después del trasplante (ddt).

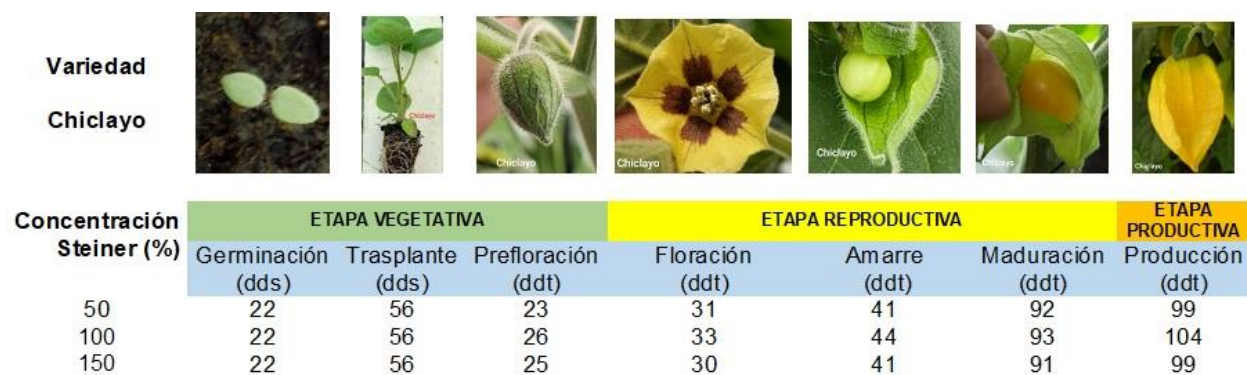


Figura 3. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Chiclayo.

En la variedad Colombia, la solución Steiner al 100% de concentración (Figura 4), aceleró el ciclo de vida de las plantas; pues la etapa productiva apareció siete días antes, por lo que fueron más precoces que las plantas fertilizadas con la solución al 50 y 100%. Por otro lado, la concentración al 150% provocó que la etapa reproductiva (maduración) ocurriera en una fecha similar en las variedades Chiclayo (Figura 3), Colombia (Figura 4) y Sacha (Figura 5), que en promedio maduraron frutos a los 90 ddt y cosecha a los 99 ddt.

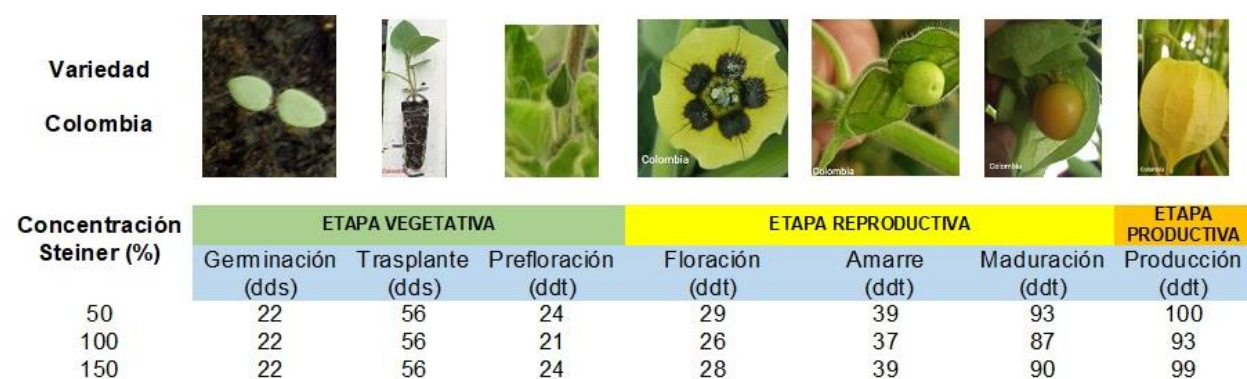


Figura 4. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Colombia.

En la variedad Sacha, la solución Steiner al 100% de concentración (Figura 5), retrasó el ciclo de vida de las plantas; pues la etapa productiva apareció 4 días después, por lo que fueron más tardías que las plantas fertilizadas con la solución al 50 y 100%. La solución Steiner al 150% de concentración, aceleró el ciclo de las plantas pues la etapa vegetativa y productiva se registraron cuatro días antes.

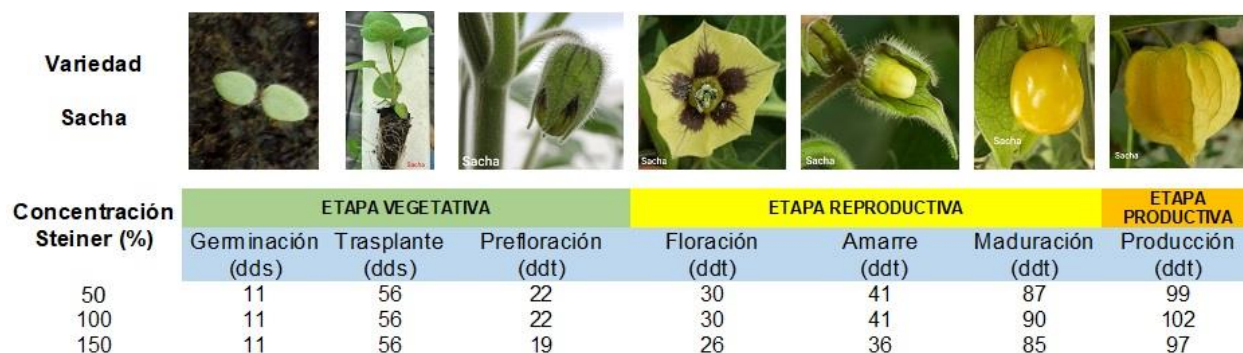


Figura 5. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Sacha.

La variedad Modificada no mostró cambios en el inicio de las etapas fenológicas por efecto de las tres concentraciones de solución nutritiva en comparación con las otras variedades de uchuva, solo se observaron diferencias de 10 a 15 días para la maduración y producción de los frutos (Figura 6).

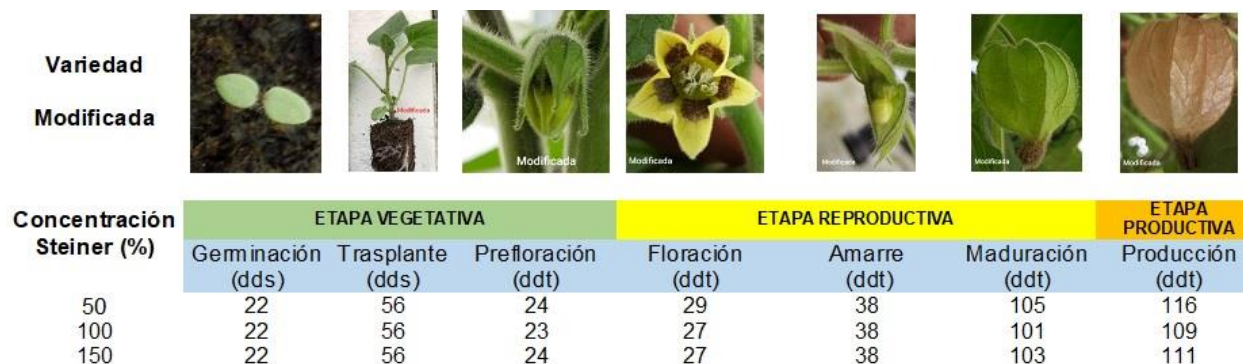


Figura 6. Etapas fenológicas en función de la concentración de la solución de Steiner en la variedad Modificada.

Por su parte, Mora *et al.* (2006) obtuvieron en algunas colectas silvestres de *P. peruviana* en invernadero, que la floración, crecimiento y madurez fisiológica de frutos, iniciaron a los 42, 52 y 102 ddt.

Los resultados anteriores, contrastan con los obtenidos en la presente investigación ya que las cuatro variedades evaluadas fueron más precoces en todas las etapas. Otros autores indican que el inicio de la floración se da a los 60 ddt y los frutos tardan alrededor de 120 ddt en alcanzar su madurez (Ali y Singh, 2014). Estas variaciones están en función de factores ambientales donde se desarrollan las investigaciones.

6.1.2. Lecturas SPAD

El análisis de varianza de las lecturas SPAD indicó diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva; mientras que, la interacción variedad x solución nutritiva no alteró las lecturas SPAD (Cuadro 7).

Cuadro 7. Significancia estadística de las lecturas SPAD.

Fuente de variación	GL	Lecturas SPAD
Variedad	3	0.0101*
Solución	2	0.0001*
Var*SN	6	0.3981 ns
CV		4.24

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; ns: $P > 0.05$; GL: grados de libertad

Las variedades Chiclayo, Colombia y Sacha mostraron un mayor índice de verdor con las lecturas SPAD más altas (52.23 - 52.69), mientras que la variedad Modificada (49.78) su índice fue menor, por otro lado, la concentración de la solución nutritiva al 150% reportó las lecturas más altas (54.06) y las más bajas en 50% (49.78) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valor promedio de las lecturas SPAD por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.

Fuente de variación	Lecturas SPAD
Variedad	
Chiclayo	52.23 a
Colombia	52.24 a
Modificada	49.78 b
Sacha	52.69 a
Solución Steiner (%)	
50	49.78 b
100	51.36 b
150	54.06 a
Variedad*Solución	ns

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Sánchez (2019) evaluó el efecto de tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner (25, 50 y 75%) en plantas de uchuva y reportó que las mayores lecturas SPAD o el mayor grado de “verdor” se tuvieron en plantas fertilizadas con la solución nutritiva al 75%. El comportamiento anterior también se observó en los resultados de la presente investigación, ya que la solución al 150% produjo las lecturas SPAD más altas.

Los valores de lectura SPAD obtenidos con la concentración al 50%, son superiores a los reportados por Tapia (2014), quien evaluó el efecto de las relaciones de $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (0:100, 25:75) en plantas de *Physalis peruviana* L., variedad Colombia a los 76 DDT (47.24 y 51.30) respectivamente.

Por otro lado, Antúñez-Ocampo *et al.* (2016) no encontraron diferencias significativas en el verdor de la hoja de plantas de uchuva (variedad Colombia); pero, los valores más altos (52.93) se alcanzaron en plantas tratadas exclusivamente con nitrato (0/100) a los 75 DDT, sin embargo, a los 90 DDT el valor de las lecturas SPAD disminuyeron.

Al respecto, Sandoval *et al.* (2001) mencionaron que el valor de las lecturas SPAD descienden cuando la planta inicia su etapa de floración-fructificación porque la demanda de N es mayor hacia el desarrollo de los frutos. Cabe señalar, que estas lecturas son

superiores a las obtenidas en este experimento por la concentración al 50% en todas las variedades.

6.1.3. Conductividad Eléctrica (CE) y pH en savia

La conductividad eléctrica y el pH de la savia (de tallos y peciolo) fueron afectados significativamente (Cuadro 9) por la variedad y solución nutritiva, en contraste, la interacción de ambos factores no fue significativa en ambas variables fisiológicas.

Cuadro 9. Significancia estadística de las variables pH y CE en savia de tallos y peciolo de hojas.

Fuente de variación	GL	pH en savia	CE en savia
Variedad	3	0.0326*	0.0346*
Solución	2	0.0009*	0.0001*
Var*SN	6	0.3538 ns	0.1179 ns
CV		2.05	5.78

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad.

El factor variedad afectó ambas variables, donde la variedad Modificada registró los valores más altos de pH y conductividad en savia (5.85 y 7.27) respectivamente, siendo el resto estadísticamente iguales. Por otro lado, la solución al 150% presentó los valores más altos en las dos variables (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valor promedio del pH y la conductividad eléctrica (CE) de la savia de tallos y peciolo de hojas por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.

Fuente de variación	pH en savia	CE en savia (dS m ⁻¹)
Variedad		
Chiclayo	5.73 a	6.83 b
Colombia	5.73 a	6.89 a
Modificada	5.85 a	7.27 a
Sacha	5.72 b	6.86 a
Solución Steiner (%)		
50	5.66 b	6.44 b
100	5.79 a	7.07 a
150	5.82 a	7.38 a

Variedad*Solución	ns	ns
--------------------------	----	----

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

El comportamiento observado en la variedad Modificada, se puede explicar por la morfología de la planta que a su vez puede ser genéticamente diferente al resto de las variedades, por el cual se tienen que realizar investigaciones enfocadas al comportamiento agronómico de esta variedad, ya que mostro desde un crecimiento y desarrollo vegetativo diferente al resto y tiene más semejanza con un tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Aunque en *Physalis peruviana* no se han realizado estudios enfocados al pH y CE de la savia; el valor del primer indicador se encuentra en el nivel medio para las concentraciones de 100 y 150%; mientras que, la concentración al 50% genero un valor bajo por un desequilibrio entre cationes. En cuanto, a la CE presentó valores bajos comparados con la literatura, donde el rango optimo es de 12 a 15 dS m⁻¹.

6.1.4. Altura y diámetro basal

La altura de la planta mostró diferencias significativas en los tres primeros muestreos (4 a 24 ddt) por efecto de la variedad, solución nutritiva y la interacción de ambos factores (Cuadro 11). A los 31 ddt, solo afectó la concentración de la solución nutritiva; pero, a los 52 ddt ya no se observó ningún efecto por los factores.

Cuadro 11. Significancia estadística de la variable altura.

Fuente de Variación	Altura de planta (cm)				
	Días después del trasplante (ddt)				
	4	15	24	31	52
Variedad	0.0001*	0.0001*	0.0175*	0.7149 ns	0.1189 ns
Solución	0.0333*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.6314 ns
Var*SN	0.0138*	0.0008*	0.0262*	0.2156 ns	0.9407 ns
CV	16.56	9.01	9.15	8.14	6.89

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad.

En los muestreos realizados a los 4, 15 y 24 ddt, las plantas de la variedad Sacha y Modificada mostraron la mayor altura; mientras que, la solución nutritiva al 100 y 150%

mostraron una diferencia en los primeros 31 ddt; sin embargo, en los muestreos posteriores ningún factor afectó la altura de las plantas (Cuadro 12). Estos datos son superiores a los reportados por Mora *et al.* (2006) en seis colectas silvestres de *Physalis peruviana* en hidroponía y fertirriego, donde obtuvo una altura entre 34 y 43 cm a los 40 ddt, y 75 y 80 cm a los 64 ddt.

Cuadro 12. Valor promedio de la altura de la planta por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.

Fuente de Variación	Altura de planta (cm)				
	Días después del trasplante				
	4	15	24	31	52
Variedad					
Chiclayo	3.65 c	10.00 c	23.25 b	40.75 a	100.75 a
Colombia	5.11 b	11.77 b	25.92 a	42.00 a	99.42 a
Modificada	5.68 b	12.54 a	25.90 a	42.00 a	100.92 a
Sacha	6.78 a	13.07 a	25.75 a	41.00 a	94.83 a
Solución Steiner (%)					
50	4.86 b	10.76 b	22.50 b	37.94 b	97.75 a
100	5.71 a	12.68 a	27.11 a	43.44 a	99.16 a
150	5.34 a	12.10 a	26.00 a	42.94 a	100.06 a
Variedad*Solución	*	*	*	ns	ns

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Por otra parte, después de los 30 ddt los resultados son similares a los encontrados por Antúnez (2013) y Tapia (2014) en uchuva. Estos autores reportaron que el suministro de las relaciones $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ no influyeron de manera consistente sobre la altura de las plantas, esto quiere decir que no importa la concentración de nutrientes disponible, para la altura no va a ser modificada exponencialmente.

El diámetro basal fue afectado significativamente por la variedad en todos los muestreos, excepto a los 52 ddt; en cambio, la solución nutritiva afectó a partir de los 24 ddt hasta los 52 ddt; la interacción de ambos factores no afectó este indicador de crecimiento (Cuadro 13).

Cuadro 13. Significancia estadística de la variable diámetro basal.

Fuente de Variación	Diámetro basal (mm)				
	Días después del trasplante (ddt)				
	4	15	24	31	52
Variedad	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0007*	0.1025 ns
Solución	0.4001 ns	0.4090 ns	0.0001*	0.0004*	0.0029*
Var*SN	0.2337 ns	0.1094 ns	0.3579 ns	0.2687 ns	0.9935 ns
CV	11.35	11.62	12.16	14.97	12.59

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad

Los diámetros mayores en los primeros 31 ddt fueron para la variedad Modificada, por otro lado, la solución al 150% tuvo en todas las mediciones el valor más alto (Cuadro 14). Estos datos son superiores a los reportados Mora *et al.* (2006) al evaluar seis colectas silvestres de *Physalis peruviana* L. en hidroponía y fertirriego, donde obtuvo que a los 40 ddt diámetros de tallo de entre 0.86 y 0.95 cm y para los 64 ddt fueron de entre 1.30 y 1.33 cm.

Cuadro 14. Valor promedio del diámetro basal de la planta por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.

Fuente de Variación	Diámetro basal (mm)				
	Días después del trasplante (ddt)				
	4	15	24	31	52
Variedad					
Chiclayo	2.58 b	5.40 b	10.48 c	17.48 b	26.20 a
Colombia	2.94 a	5.66 b	10.77 b	17.28 b	25.96 a
Modificada	3.31 a	5.86 a	14.47 a	22.01 a	29.03 a
Sacha	3.14 a	5.72 b	12.22 b	19.63 a	26.22 a
Solución Steiner (%)					
50	2.90 a	5.74 a	10.40 b	16.54 b	24.44 b
100	3.02 a	5.93 a	12.92 a	20.05 a	27.29 a
150	3.05 a	6.07 a	12.63 a	20.70 a	28.81 a
Variedad*Solución	ns	ns	ns	ns	ns

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Por otro lado, Antúnez (2013) al final de sus mediciones, 135 ddt registró diámetros mayores de 14.52 a 16.59 mm en plantas con origen de semilla, mientras que Tapia (2014) al final de sus mediciones 145 ddt, registró diámetros mayores de entre 17.51 a 18.25 mm de grosor, ambos utilizando diferentes relaciones de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

6.2. Variables de rendimiento

En el sistema de alta densidad, las variables del rendimiento (número de frutos, número de frutos agrietados, peso promedio, peso con y sin cáliz) fueron afectados significativamente ($P \leq 0.05$) por la variedad y la solución nutritiva; mientras que, la interacción variedad \times solución nutritiva solo influyó significativamente en el número de frutos agrietados. En cambio, en el sistema de baja densidad que no se detectaron diferencias significativas para ningún parámetro (Cuadro 15).

Cuadro 15. Significancia estadística de las variables de rendimiento en plantas de *P. peruviana* L.

Fuente de variación	GL	Núm. de frutos	Núm. de frutos agrietados	Peso promedio de fruto	Peso de frutos con cáliz	Peso de frutos sin cáliz
Sistema de alta densidad de población						
Variedad	3	0.0092*	0.0528 ns	0.0001*	0.0057*	0.0059*
Solución	2	0.0625ns	0.0060*	0.0349*	0.0217*	0.0226*
Var*SN	6	0.2645 ns	0.0127*	0.6470 ns	0.5853 ns	0.5828 ns
CV		34.33	114.12	10.09	36.66	36.63
Sistema de baja densidad de población						
Tratamiento	3	0.5256 ns	0.2222 ns	0.0512 ns	0.2251 ns	0.2444 ns
CV		24.94	54.88	10.34	25.15	24.49

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad

6.2.1. Número total de frutos por planta

La mayor cantidad de frutos por planta se tuvo en las variedades Colombia, Modificada y Sacha; mientras que, Chiclayo produjo el menor número de estos. La concentración de la solución nutritiva y la interacción de ambos factores no afectaron esta variable (Cuadro 16). Estos resultados son inferiores a los encontrados por Sabino (2015), quien obtuvo

234 frutos en plantas podadas a tres tallos; pero, son superiores a los reportados por Aguilar *et al.* (2018), quienes obtuvieron 12, 16 y 19 frutos por planta con concentración al 50, 100 y 150% de la solución Steiner.

La producción de frutos en el sistema de baja densidad fue estadísticamente igual en todas las variedades de uchuva (Cuadro 15 y 16); sin embargo, la variedad Colombia, produjo el doble de frutos que, en el sistema de alta densidad, esto se explica por la cantidad de ramas productivas que tuvieron las plantas de este sistema, ya que la uchuva produce un fruto en cada entrenudo.

6.2.2. Peso acumulado de fruto con y sin cáliz

El peso con y sin cáliz tuvieron un comportamiento similar, pues el mayor peso se presentó en la variedad Colombia; asimismo, en plantas fertilizadas con la solución nutritiva al 100%; cabe señalar que estos resultados se relacionan directamente con el número de frutos por planta (Cuadro 16). La concentración al 100% incremento en 39% el peso del fruto con y sin cáliz con respecto a la concentración al 50%. Efecto similar fue observado por Aguilar *et al.* (2018) quienes reportaron incrementos entre 46 y 36% en ambas variables. En el caso de la solución al 150%, solo incrementó en 6% el peso del fruto con respecto al peso obtenido con la solución al 50%.

En el sistema de baja densidad el peso con y sin cáliz fue estadísticamente igual en todas las variedades; pero, el peso acumulado más sobresaliente fue en la variedad Colombia y el bajo en la variedad Modificada. Los resultados de las variedades Colombia y Modificada se tuvieron resultados similares al sistema de alta densidad. En cambio, para las variedades Chiclayo y Sacha si se marcó una diferencia entre sistemas.

El rendimiento obtenido en la investigación es superior a los de Sánchez (2019) quien evaluó las tres concentraciones de la solución nutritiva en plantas sin inocular e inoculadas por *F. oxysporum sp* y reporto un rango de 139 a 508 g por planta.

Cuadro 16. Valor promedio de las variables del rendimiento de *Physalis peruviana* L. por efecto de la variedad y concentración de la solución nutritiva.

Fuente de variación	Núm. total de frutos	Peso promedio de fruto	Peso acumulado de frutos con cáliz	Peso acumulado de frutos sin cáliz
Sistema en alta densidad				
Variedad				
Chiclayo	127.00 b	4.32 a	577.21 b	557.68 b
Colombia	200.92 a	4.74 a	993.17 a	957.43 a
Modificada	183.67 a	3.67 b	698.83 a	673.56 a
Sacha	143.83 a	4.77 a	719.25 a	694.64 a
Solución Steiner (%)				
50	142.50 a	4.30 a	641.39 b	617.99 b
100	190.38 a	4.61 a	907.82 a	874.43 a
150	158.69 a	4.21 b	692.13 a	670.05 a
Variedad*Solución	ns	ns	ns	ns
Sistema en baja densidad en concentración al 100%				
Chiclayo	379.00 a	2.45 a	1098.47 a	935.00 a
Colombia	427.33 a	2.59 a	1249.13 a	1103.93 a
Modificada	331.00 a	2.16 b	764.10 a	693.53 a
Sacha	326.67 a	2.89 a	1101.03 a	951.20 a

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

6.2.3. Peso promedio de fruto

El peso promedio del fruto fue mayor en las plantas de la variedad Sacha (4.77 g) y fertilizadas con la concentración al 100% (4.61 g) (Cuadro 16). Los resultados obtenidos se encuentran en el rango (peso entre 3.7 y 4.8 g) reportado por Mora *et al.* (2006) en seis colectas de *P. peruviana* L.

En general, los resultados del sistema de alta densidad son superiores a los obtenidos por Sánchez (2019) quien evaluó las tres concentraciones y obtuvo pesos promedios entre 2.53 a 2.91 g, mientras que los pesos promedios del sistema de baja densidad son similares a los del mismo autor.

Gastelum *et al.* (2013) indicaron que no se presentaron diferencias significativas en el peso del fruto de uchuva al fertilizar las planta con la concentración al 25, 50, 75 y 100% de la solución nutritiva Steiner. Lo anterior concuerda con lo obtenido en la concentración al 50 y 100%, de la presente investigación.

6.2.4. Número acumulado de frutos agrietados

Las plantas de la variedad Sacha y fertilizadas con la solución nutritiva al 100% presentaron mayor incidencia de frutos agrietados durante el tiempo que duro la cosecha, le siguen las plantas de las variedades Colombia y Chiclayo, fertilizadas con la concentración al 50% (Figura 7). En el sistema de baja densidad, todas las variedades fueron estadísticamente similares en esta variable

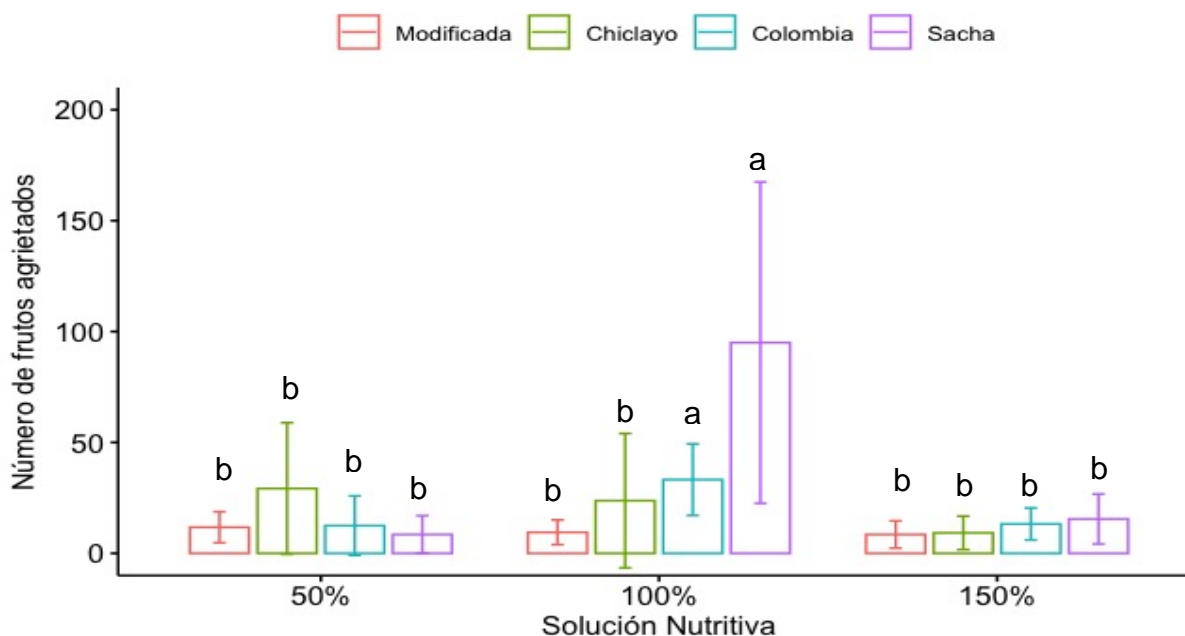


Figura 7. Efecto de la combinación de las concentraciones de la solución nutritiva con las variedades en la incidencia de frutos agrietados de *P. peruviana* L. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El rajado que presenta el fruto de uchuva puede ocurrir en diferente forma e intensidad, dependiendo de la causa de su origen y el genotipo de la planta. Al respecto, Gordillo *et al.* (2004) encontró que el tipo más frecuente de rajado del fruto es una grieta longitudinal extensa, que puede o no envolver el fruto, el cual se ubica en la zona opuesta a la inserción del pedúnculo. En este experimento la mayoría de los frutos agrietados presentaron este tipo de rajado a excepción de la variedad Sacha, que el rajado fue diferente.

De acuerdo a los criterios de clasificación propuestos por Gordillo *et al.* (2004), el agrietamiento de la variedad Sacha se considera una clasificación A6 (grieta longitudinal en epidermis y pulpa extensa que puede envolver o no el fruto) y A4 (grieta en epidermis transversal que rodea la zona de inserción del pedúnculo del fruto) (Figura 8). La incidencia del agrietamiento de frutos varía entre especies, variedades, condiciones climáticas y factores del cultivo y del ambiente. Los frutos de esta variedad son grandes, por lo cual, se atribuye el alto índice de agrietamiento, esto se debe a que el fruto de la uchuva es una baya jugosa con una epidermis muy delgada; además, contiene de 10 a 300 semillas, que posiblemente por cambios hormonales, acumulan gran cantidad de agua y carbohidratos (Valencia, 1985).

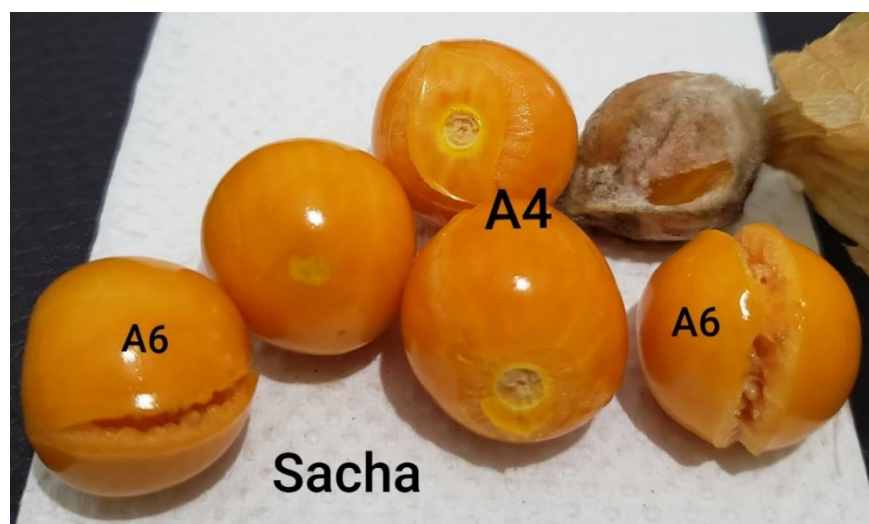


Figura 8. Tipo de rajado en frutos de uchuva en la variedad Sacha.

6.3. Variables de calidad

La interacción variedad x solución nutritiva influyó significativamente en la conductividad eléctrica del fruto, el ácido cítrico (%), sólidos solubles (°Brix), el índice de madurez (IM) y la conductividad eléctrica del fruto (Cuadro 17).

Cuadro 17. Significancia estadística de las variables de calidad de fruto.

Fuente de variación	GL	Ácido cítrico (%)	°Brix	Índice de madurez	CE del fruto
Variedad	3	0.0005*	0.0001*	0.0047*	<0.0001*
Solución	2	0.0637 ns	0.0689 ns	0.1278 ns	<0.0001*
Var*SN	6	0.0208 *	0.0044*	0.0178*	<0.0001*
CV		15.33	6.15	23.85	9.67

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad

Se afectó significativamente por la variedad todas las variables, a excepción de la firmeza de los frutos, mientras que la concentración de la solución nutritiva afectó solo el diámetro, pH y conductividad eléctrica del fruto (Cuadro 18).

Cuadro 18. Significancia estadística de las variables de calidad de fruto.

Fuente de variación	G L	Ácido ascórbico	pH de fruto	Firmeza	Diámetro de fruto
Variedad	3	0.0001*	0.0067*	0.4013 ns	0.0001*
Solución	2	0.5861 ns	0.0181*	0.5374 ns	0.0003*
Var*SN	6	0.0682 ns	0.7781 ns	0.4044 ns	0.1562 ns
CV		18.31	2.40	29.55	2.90

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad

6.3.1. Acidez titulable (ácido cítrico)

El ácido cítrico (%) fue mayor en los frutos de las plantas de la variedad Sacha y fertilizadas con la concentración al 150%, con un valor de 2.28 % (Figura 9), la variedad Sacha presentó la mayor concentración, después le siguió la variedad Chiclayo (1.82 %). Estos resultados son superiores a los reportado por Sabino (2015) quien obtuvo valores entre 1.56 y 1.41% de ácido cítrico en plantas de uchuva con y sin poda.

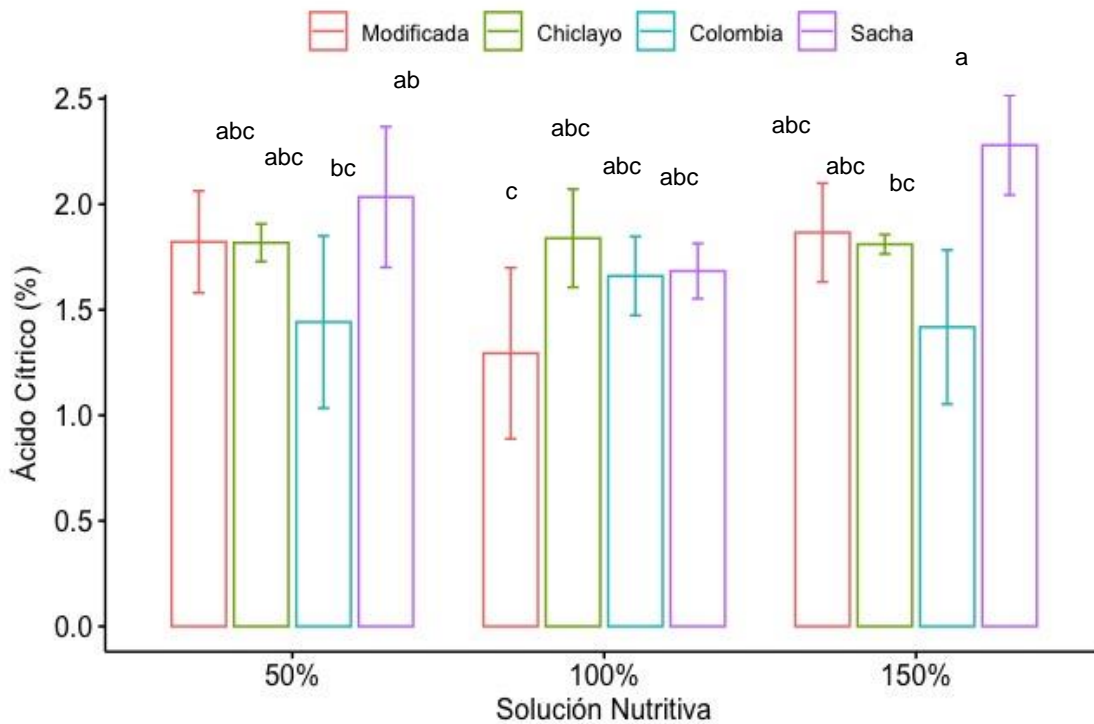


Figura 9. Porcentaje de ácido cítrico de los frutos de cuatro las variedades de *Physalis peruviana* L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Herrera (2000) reportó que las uchuvas de buena calidad tienen porcentajes de acidez titulable entre 1.6 y 2.0%, los cuales coinciden con los de este experimento, mientras que

Ávila *et al.* (2006) encontraron valores de 2.2 a 2.7% siendo superiores, pero estos descendieron con el paso de los días en almacenamiento.

En la uchuva con el aumento de la maduración se observa un descenso uniforme de la acidez, por lo que la disminución de los ácidos en el fruto indica generalmente que se están utilizando como sustrato de respiración (Fischer y Martínez, 1999; Lanchoero *et al.*, 2007).

6.3.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

La interacción variedad con la concentración nutritiva afectó los sólidos solubles totales del fruto, pues se obtuvo mayor concentración (14.77 °Brix) con la variedad Sacha en una concentración al 100% de la solución nutritiva; mientras que, la variedad Modificada presentó los valores más bajos, entre 10 y 11 °Brix (Figura 10). Duran (2009) reportó que los frutos maduros tienen entre 13 y 15 °Brix, y los frutos pintones entre 9 y 13 °Brix.

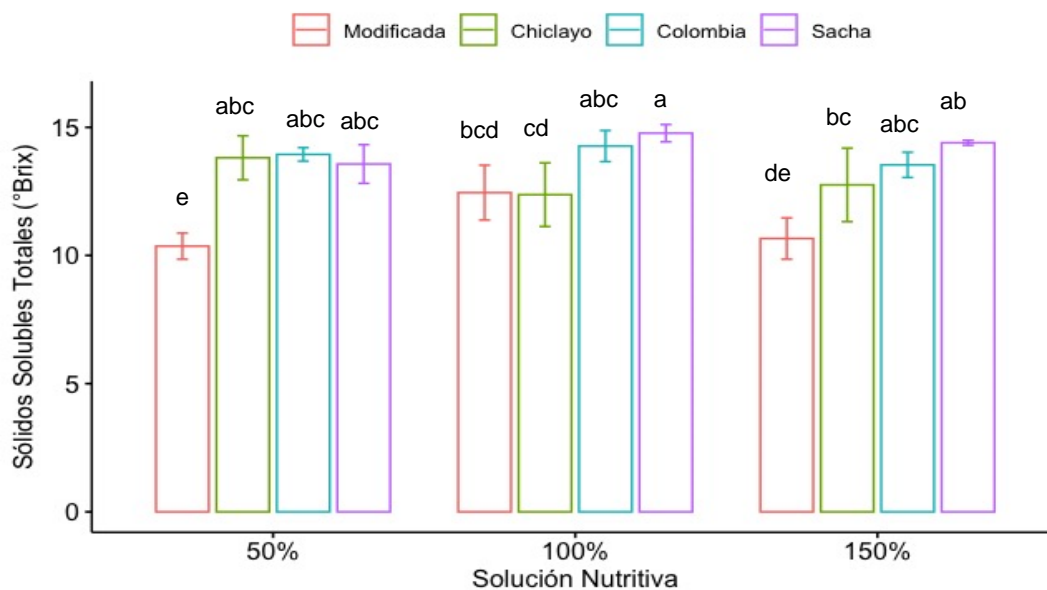


Figura 10. Concentración de °Brix en los frutos de cuatro variedades de *Physalis peruviana* L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Gastelum *et al.* (2013) encontraron entre 12.30 y 16.90 °Brix en frutos de uchuva provenientes de plantas fertilizadas con solución nutritiva al 25, 50, 75 y 100% de concentración. En este rango se encuentran los valores obtenidos en las variedades Chiclayo, Colombia y Sacha.

Por otro lado, Mora *et al.* (2005) reportaron una concentración de azúcares de 10 °Brix en los frutos de seis colectas de uchuva, valores inferiores a los obtenidos en la investigación. Galvis *et al.* (2005) señaló que el aumento de los sólidos solubles totales se debe a la hidrólisis del almidón y que esta ocurre durante la maduración del fruto.

Las regulaciones del Codex Stan establecen que los frutos de uchuva deben tener al menos 14 °Brix para ser comercializados. Por los resultados obtenidos los frutos de las variedades Colombia y Sacha son adecuados para la comercialización.

6.3.3. Índice de madurez (IM)

Los valores obtenidos mostraron que la interacción de las variedades con las concentraciones de la solución nutritiva influyó el IM de los frutos, el mayor y menor valor de IM se obtuvo en la variedad Modificada con la concentración al 100 (10.41) y 50% (5.74) (Figura 11).

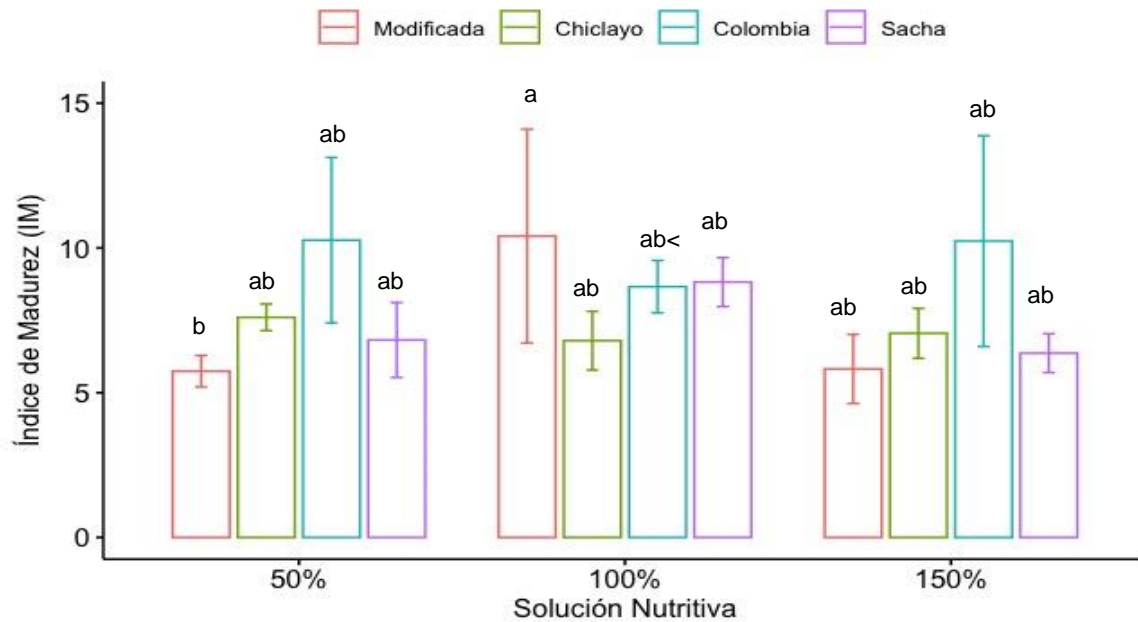


Figura 11. Índice de madurez en los frutos de cuatro variedades de *Physalis peruviana* L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El factor variedad origina diferencias significativas en el IM, pues la variedad Colombia registro los índices más altos (9.72). Estos valores son superiores a los reportados por Tapia (2014) en la variedad Colombia, el resto de variedades se encuentran en un rango de 7.14 a 8.67.

Lanchero *et al.* (2007) indicaron que el comportamiento de índice de madurez es un incremento continuo debido a la formación de azúcares y degradación de los ácidos orgánicos. El fruto de uchuva maduro tiene en promedio 14 °Brix y 1.3% de ácidos orgánicos; por lo tanto, su IM sería cercano a 10.8. por lo anterior se deduce que un fruto con IM mayor de 9 proviene de fruta en estado maduro; mientras que, IM menor de 8, indica que la fruta está en un estado pintón. En la investigación se tuvieron estas variaciones por los tiempos de cosecha y se relaciona con la determinación de la acidez del fruto en el laboratorio.

6.3.4. Conductividad eléctrica del fruto

La interacción variedad \times solución nutritiva afectó significativamente la conductividad eléctrica del fruto, el valor más alto se presentó en la variedad Sacha y la solución al 150%, en contraste, la variedad Colombia y la concentración al 50% tuvieron los valores más bajos de CE (Figura 12).

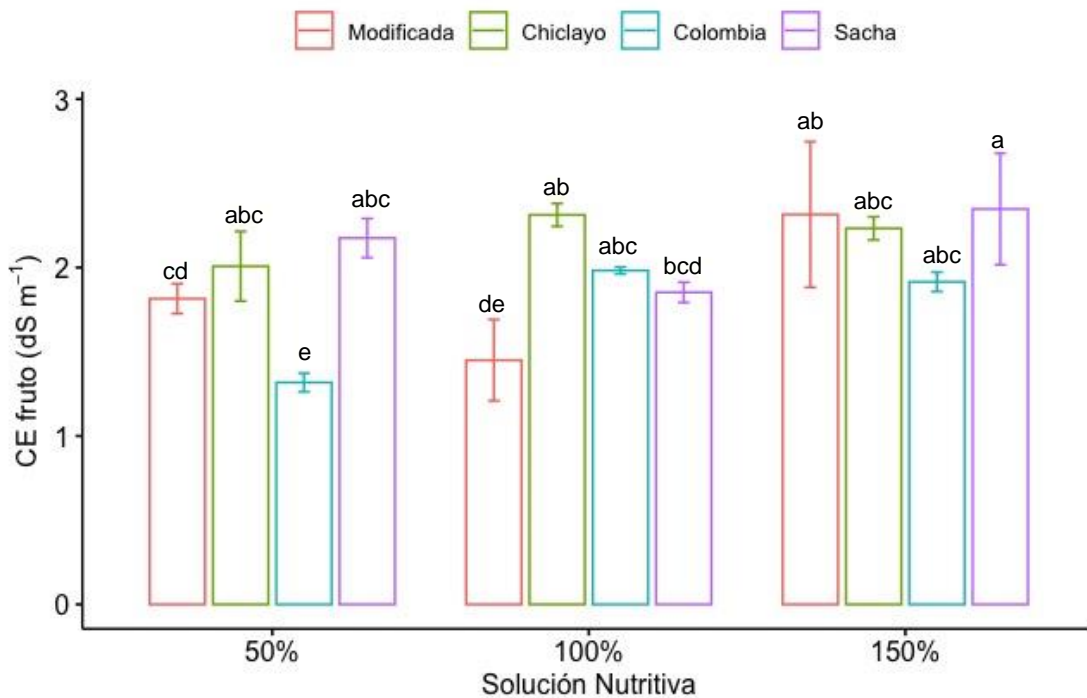


Figura 12. Conductividad eléctrica de los frutos de cuatro variedades de *Physalis peruviana* L. fertilizadas con tres soluciones nutritivas. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

6.3.5. Vitamina C (ácido Ascórbico mg/100 g)

El contenido de ácido ascórbico fue mayor en las variedades Sacha (74.84 mg 100 g⁻¹) y Chiclayo (71.54 mg 100 g⁻¹); mientras que, la variedad Modificada tuvo 50.01 mg 100 g⁻¹ (Cuadro 19). El rango de contenido de ácido ascórbico de este experimento fue superior a los encontrados por Fischer *et al.* (2000) y Puente *et al.* (2010) que reportaron 32.2 y 43 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Sin embargo, están ligeramente por debajo de

los valores reportados por Tapia (2014) de 67.49 a 80.20 mg 100 g⁻¹ y dentro del rango reportado por Sabino (2015) que es de 48.70 a 85.30 mg 100 g⁻¹.

Cuadro 19. Efecto de las variedades y la aplicación de las diferentes concentraciones de la solución sobre las variables de calidad de fruto.

Fuente de variación	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	pH de fruto	Diámetro de fruto
Variedad			
Chiclayo	71.54 a	4.14 a	20.11 a
Colombia	68.18 a	4.07 ab	20.66 a
Modificada	50.01 b	4.02 b	19.09 b
Sacha	74.84 a	4.02 b	20.75 a
Solución Steiner (%)			
50	68.71 a	4.03 b	19.61 b
100	64.98 a	4.04 ab	20.48 a
150	64.73 a	4.12 a	20.37 a
Variedad*Solución	ns	ns	ns

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Las diferencias en el contenido pueden ser el resultado del manejo del cultivo y la variación genotípica de cada variedad, ya que la variedad Modificada fue la que presentó los valores más bajos en las tres concentraciones. En este sentido Lee y Kader (2000) mencionaron que existen factores pre y postcosecha que influyen en el contenido de vitamina C, entre ellos la variación genotípica, condiciones climáticas y prácticas culturales.

6.3.6. pH del fruto

El pH del fruto no fue afectado por la interacción variedad y solución nutritiva; pero, si por cada factor de manera independiente. El valor de pH más alto fue con la variedad Chiclayo (4.14) y la concentración al 150% (4.12); mientras que, los más bajos se obtuvieron en la variedad Modificada (4.02) y la concentración al 50% (4.03) (Cuadro 19). Estos valores se encuentran en el rango obtenido por Gastelum *et al.* (2013) que osciló entre 3.7 y 4.5 en cuatro concentraciones de la solución de Steiner 25, 50, 75 y 100%.

Los resultados obtenidos en la investigación son superiores a los de Duran (2009), quien obtuvo 3.7 de pH en frutos maduros de uchuva y en frutos pintones 3.5. Al respecto Galvis *et al.* (2005), mencionaron que durante la maduración del fruto el pH aumenta y posteriormente disminuye como consecuencia de la reducción de los niveles de ácidos orgánicos, comportamiento que es propio de los frutos climatéricos.

6.3.7. Diámetro de fruto

El diámetro de fruto no fue afectado por la interacción variedad × solución nutritiva, pero si mostró diferencias en el factor variedad, donde Sacha y Colombia fueron la que tuvieron frutos de mayor diámetro. Por otro lado, las concentraciones no causaron efecto en el incremento del tamaño del fruto (Cuadro 19). Los resultados obtenidos se encuentran dentro del diámetro registrado por Fischer *et al.* (2014), quienes encontraron un rango de 12.5-25 mm; pero, son superiores a los encontrados por Sánchez (2019) que obtuvo frutos de 15.93 a 17.39 mm de diámetro.

El tamaño (diámetro) de los frutos de las variedades Chiclayo, Colombia y Sacha se encuentran en el calibre “C”, que son frutos con diámetro de 20.1 a 22.0 mm, conforme a la Norma del CODEX para la uchuva (CODEX STAN 226-2001).

6.3.8. Firmeza

La firmeza del fruto no fue afectada significativamente por la variedad y la concentración de la solución nutritiva, ni por la combinación de ambos factores. A penas de que no se hubo diferencias estadísticas en el valor de la firmeza, la variedad Colombia y Modificada en la concentración al 100% presentaron valores superiores (9.70 y 8.20 N) a los de Colombia y Chiclayo al 150% (6.22 y 6.30 N). Los resultados obtenidos en este parámetro de calidad están ligeramente por arriba de los reportados por Tapia (2014), quien evaluó la firmeza del fruto con diferente grado de madurez.

Tucker (1993) y Smith *et al.* (2003) mencionaron que, en el caso de frutos, el ablandamiento es un evento característico de la maduración, pero la pérdida de firmeza

es un fenómeno que continua durante la senescencia, como resultado de la degradación de la pared celular.

6.4. Nitrógeno total

El efecto iónico de la solución nutritiva solo marcó diferencia estadística en la etapa vegetativa para la concentración de nitrógeno en hojas, mientras que, la variedad y la interacción no influyeron en ninguna etapa productiva (Cuadro 20).

Cuadro 20. Significancia estadística del contenido de nitrógeno total en dos etapas del ciclo de cultivo de *Physalis peruviana* L.

Fuente de variación	GL	Etapa Vegetativa	Etapa Productiva
Variedad	3	0.6465 ns	0.0720 ns
Solución	2	0.0067*	0.0015 ns
Var*SN	6	0.6774 ns	0.0823 ns
CV		11.76	15.09

CV: coeficiente de variación * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad.

El efecto que se observó por la solución nutritiva es que a medida que aumenta la concentración de nutrientes, mayor es la concentración de nitrógeno en las hojas comparadas con el resto. Este efecto se presentó en la variedad Colombia para ambas etapas (Figura 14), en la variedad Chiclayo (Figura 15) y en la variedad Sacha (Figura 16). Estos resultados son similares a los reportados por Gastelum *et al.* (2013) en uchuva en concentraciones de 25, 50, 75 y 100% de la solución nutritiva de Steiner. Al respecto, Durán (2009) indicó que la planta de uchuva al comienzo de su ciclo demanda principalmente nitrógeno, para formación de ramas y hojas. Asimismo, Martínez *et al.* (2009) reportaron que el nitrógeno, al igual que boro y potasio son los elementos que más inciden en el desarrollo y producción de este cultivo.

Castro *et al.* (2000) señalan que a medida que existe una mayor disponibilidad de nutrientes, hay una mayor asimilación por la planta dentro de ciertos límites.

La concentración de nitrógeno en las hojas de las plantas de las cuatro variedades (Colombia, Modificada, Sacha y Chiclayo) siempre fue mayor en etapa la vegetativa (47 ddt) y menor en la etapa productiva (123 ddt) (Figura 14-17).

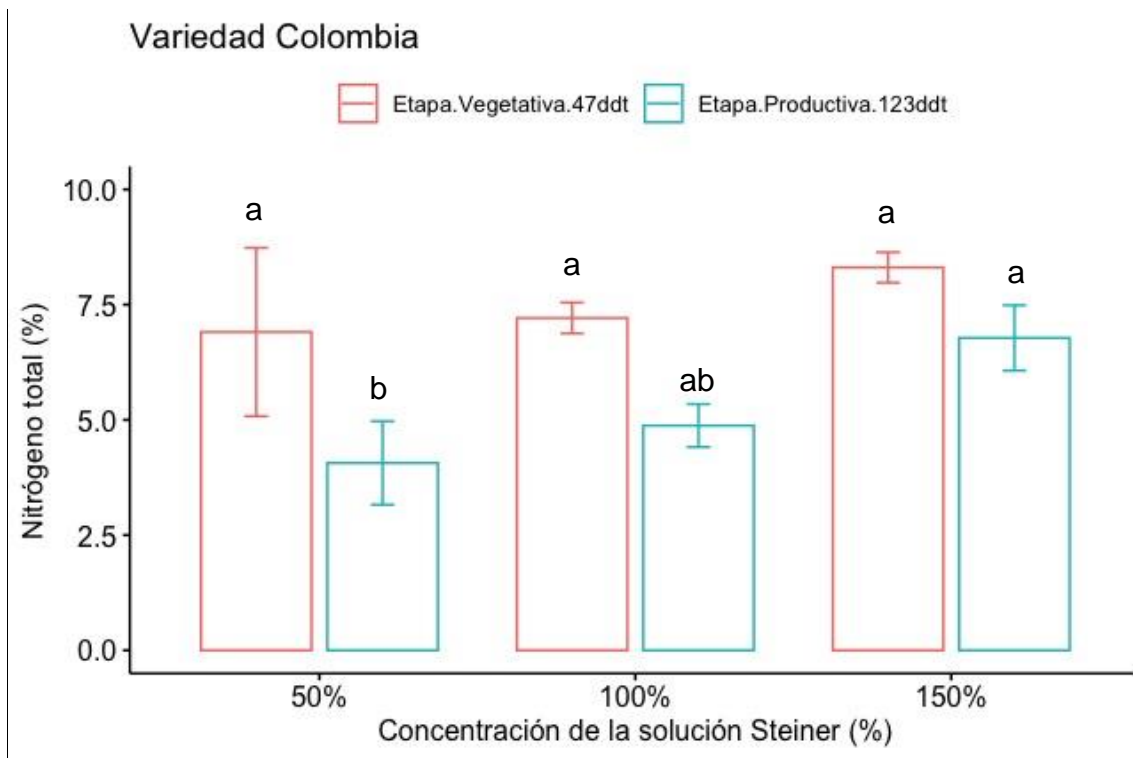


Figura 13. Concentración de nitrógeno en hojas de *P. peruviana* L. variedad Colombia. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

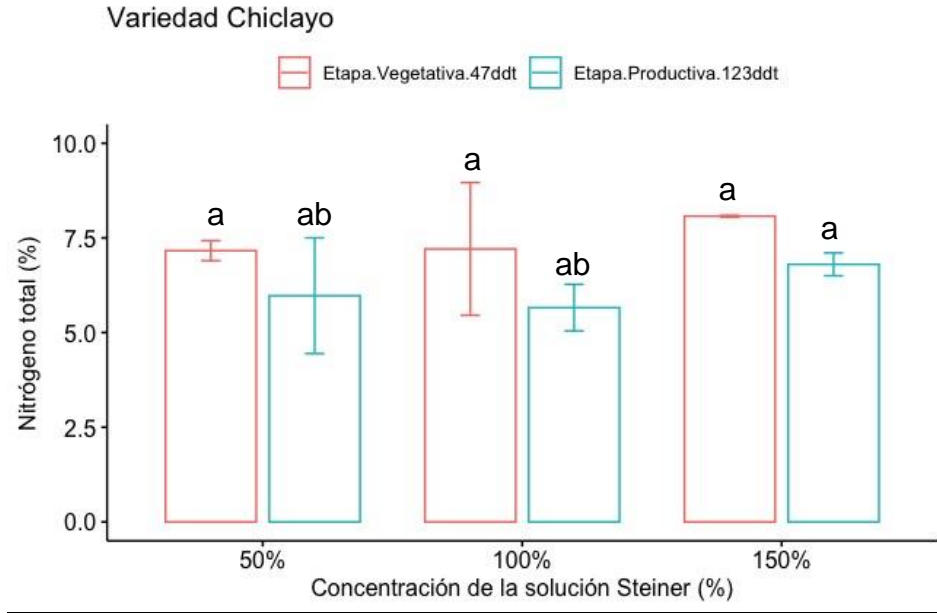


Figura 14. Concentración de nitrógeno en hojas de *P. peruviana* L. variedad Chiclayo. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

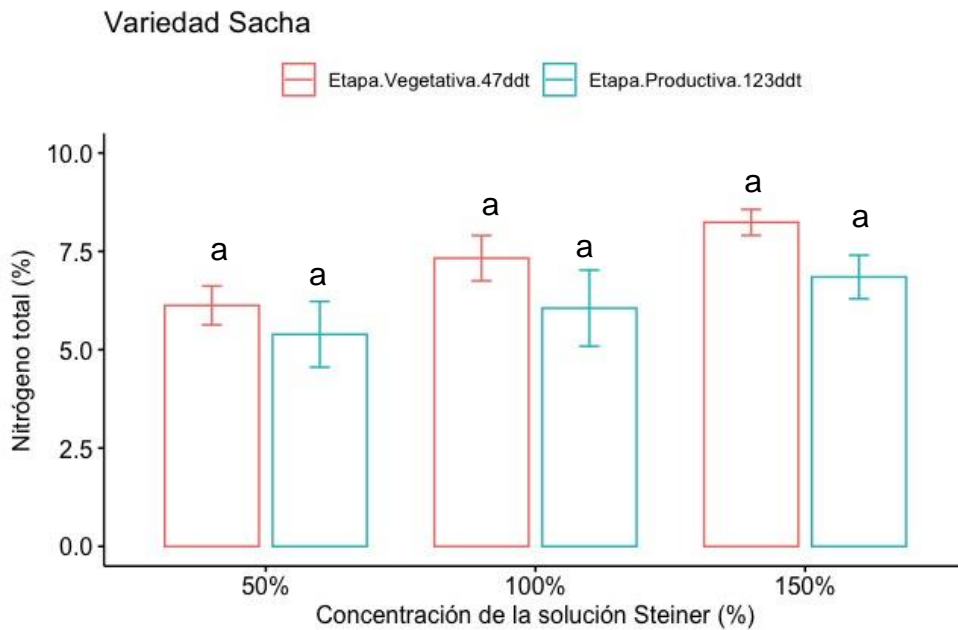


Figura 15. Concentración de nitrógeno en hojas de *P. peruviana* L. variedad Sacha. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

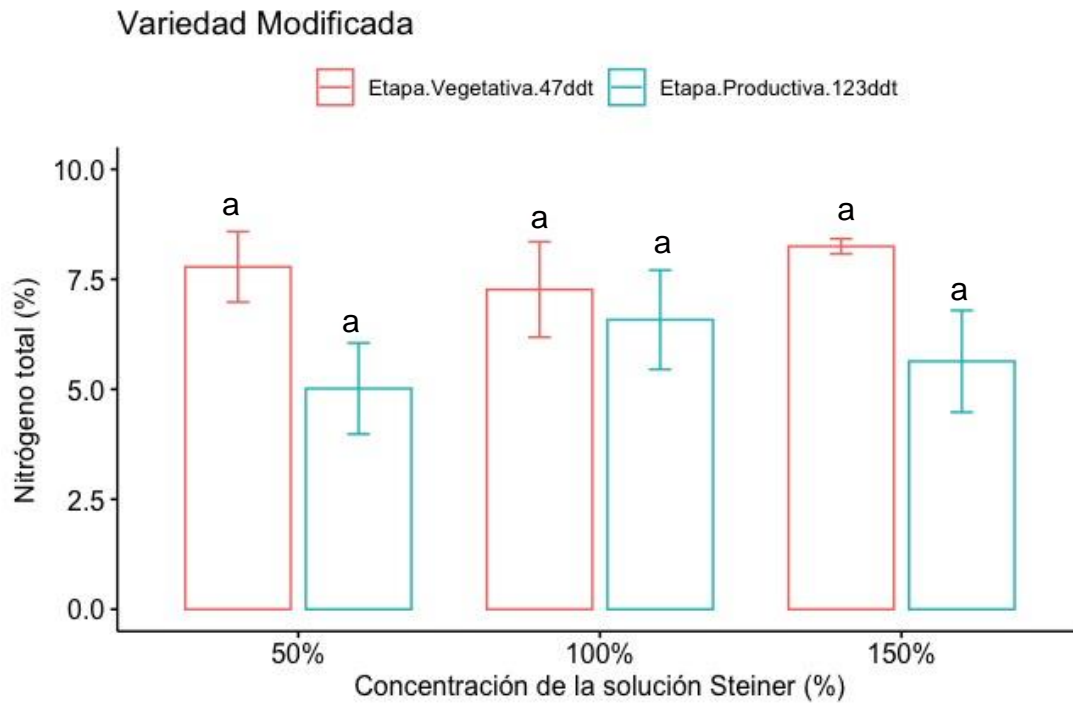


Figura 16. Concentración de nitrógeno en hojas de *P. peruviana* L. variedad Colombia. Valores con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

7. CONCLUSIONES

Los registros de las etapas fenológicas no se expresaron al mismo tiempo por efecto de la concentración de nutrientes suministrada a cada variedad, que de igual forma influyó en productividad y calidad de frutos.

Las variedades Colombia y Sacha presentaron respuesta favorable al rendimiento y a la calidad de fruto, mostrando efecto significativo en la mayoría de sus variables evaluadas.

La densidad de plantación no afectó las variables de rendimiento. El sistema de baja densidad de plantación produjo el doble de frutos por planta que el sistema de alta densidad, pero no incrementó al 200% como se planteó. En el sistema de baja densidad no se favoreció el peso promedio de fruto. El uso de cada sistema dependerá del mercado del fruto, el uso, la tecnificación del productor y el ambiente socioeconómico.

La concentración de nitrógeno en la hoja se incrementó con la concentración al 150% de la solución nutritiva en la etapa vegetativa y productiva en cada variedad.

8. LITERATURA CITADA

- Abak, K., H. Y. Guller, N. Sari, M. Paksoy. 1994.** Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Horticulturae* 366: 301-306.
- Aguilar-Carpio, C., Juárez-López, P., Campos-Aguilar, I. H., Alia-Tejacal, I., Sandoval-Villa, M., & López-Martínez, V. 2018.** Análisis de crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en hidroponía e invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 24: 191-202. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Alarcón, A. 2001.** El boro como nutriente esencial. *Horticultura* 155: 36 – 46.
- Alcántar G., G., L. Trejo-Téllez, L. Fernández P. y M. Rodríguez M. 2009.** Elementos esenciales. *In: Nutrición de cultivos*, (eds.) Alcántar G. G., y Trejo T. L. Mundi-Prensa. México. pp. 8-47.
- Ali, A. and Singh, B. P. 2014.** Potentials of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): An underexploited small fruit in India. *The Asian Journal of Horticulture* 8(2): 775-777.
- Almanza, P., J. 2000.** Propagación. *In: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora* (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 27-40.
- Alvarado, P., C. Berdugo y G., Fisher 2004.** Efecto de un tratamiento de frío (a 1.5° C) y dos niveles de humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22:147-159.
- Angulo, R. 2005.** Crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y campo abierto. *In: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta y Romero, J.* (Eds.). 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 111-129 pp.

- Antúnez O., O. M. 2013.** Respuesta de *Physalis peruviana* L. con diferente origen: rebrote y semilla a diferentes formas de nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 107 p.
- Antúnez-Ocampo, O. M., S. Cruz-Izquierdo, M. Sandoval-Villa, A. Santacruz-Varela, L. E. Mendoza-Onofre, E. de la Cruz-Torres y A. Peña-Lomelí. 2017.** Variabilidad inducida en caracteres fisiológicos de *Physalis peruviana* L. mediante rayos gamma ⁶⁰Co aplicados a la semilla. Revista Fitotecnia Mexicana 40: 211-218. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.2.211-218>
- Antúnez O., O. M., M. Sandoval V., G. Alcántar G., J. Alvarado L., E. Sabino L. 2016.** Floración y fructificación de *Physalis peruviana* L. por la aplicación de amonio y nitrato, edad y vigor de la planta. Agrociencia 50(5):603-615.
- AOAC. 1984.** Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 13 th. Ed. Arlington, V. 1023 p.
- Ávila, A. J., P. Moreno, G. Fischer, D. Miranda. 2006.** Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18 °C. Acta Agronómica (Colombia) 55(4): 29-38.
- Baumann T.W., C.M. Meier. 1993.** Chemical defense by withanolides during fruit development in *Physalis peruviana* L. Phytochemistry 33(2): 317-321.
- Brücher, H. 1977.** Tropische Nutzpflanzen: Ursprung, Evolution und Domestikation (Commercial Tropical Plants: Origin, Evolution and Domestication). Springer Verlag, Berlín, Alemania. pp. 394-395.
- Campana, B., M. y M. Ochoa. 2007.** Propagación vegetativa o agamica de especies frutales. In: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles Frutales. Ecofisiología cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. pp.133-197.
- Castellanos R., J. Z. y J. L. Ojodeagua. 2009.** Formulación de soluciones nutritivas. In: J. Castellanos R. (ed.) Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. Celaya, Gto., México. pp 131-156.

- Castro, B. R., P. Sánchez, G., A. Peña, L., G. Alcántar, G., G. Baca, C., R. M. López, R. 2000.** Niveles críticos de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de peciolos de tomate de cáscara. *Terra* 18: 141-145.
- Cedeño, M., M. y M. Montenegro. 2004.** Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO S. C. I. LTDA. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 132 p.
- Colli C., P. M. 2018.** Manejo del cultivo y deshidratación de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 54 p.
- Cooman, A., C. Torres y G. Fischer. 2005.** Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía Colombiana* 23: 74-82.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2002.** Uchuva - perfil del producto. *Inteligencia de Mercados* 13:1-12.
- Crisosto, C. H., J. P. Mitchell. 2007.** Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Kader A. A. (Ed.). Universidad de California, Davis, USA. pp. 55-62.
- Durán, R. F. 2009.** Manual de la uchuva. Eds. Grupo Latino, Bogotá, Colombia. 48 p.
- Espinoza, G., R. 2010.** El uso de microelementos en la producción de tomates. *In: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (ed.) Producción de tomate en el norte de México. Memoria "Simposium Nacional de Horticultura"*. Saltillo, Coahuila. pp. 100-115.
- Estrada, E. 2002.** Interpretación de los análisis de suelos y de material vegetal para calcio, magnesio y azufre. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fischer, G. 2000a.** Fisiología del cultivo de la uchuva *Physalis peruviana* L. *In: Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales C. D. T. F. Manizales. pp. 9-26.

- Fischer, G. 2000b.** Crecimiento y desarrollo. *In:* Flórez V. J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 9-26.
- Fischer, G., Almanza-Mechan, P. J. y Miranda, D. 2014.** Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal 36(1): 001-015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Fischer, G., G. Ebert, P. Lüdders. 2000.** Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae* 531:263-267.
- Fischer, G.; Ebert, G. and Lüdders, P. 2007.** Production, seeds and carbohydrate contents of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grow at two contrasting Colombian altitudes. *Journal Applied Botany and Food Quality* 81(1):29.35.
- Fischer, G., Herrera, A., Almanza, P. J. 2011.** Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). pp. 374-396. *In:* Yahia, E.M. (ed.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Vol. 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing, Cambridge, UK
- Fischer, G. y P. Lüdders. 1997.** Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana* 14(2): 95-107.
- Fischer, G.; P. Lüdders y F. Torres C. 1997.** Influencia de la separación del cáliz de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. *Revista Comalfi* 24(1-2): 3-16.
- Fischer, G. y O. Martínez. 1999.** Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana* 16(1-3), 35-39.
- Fischer, G. y R. Angulo. 1999.** Los frutales de clima frío en Colombia. La uchuva. *Ventana al campo andino* 2:3-6.
- Flórez, V., G. Fischer y A. Sora. 2000.** Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Unibiblos.

- Galvis, J. A., G. Fischer, O. P. Gordillo. 2005.** Cosecha y poscosecha de la uchuva. *In:* Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Fischer G., Miranda D., Piedrahita W., Romero J. (Eds.) Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp 174-175.
- Garate, A. y L. Bonilla. 2008.** Nutrición mineral y producción vegetal. *In:* Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España. pp. 143-164.
- Gastelum O., D. A. 2012.** Demanda nutrimental y manejo agronómico del cultivo de *Physalis peruviana* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 74 p.
- Gastelum O. D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., R. Castro B. 2013.** Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(2): 197-210. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.002>
- Gómez, M. 2006.** Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertisa, Produmedios, Bogotá, Colombia.
- Góngora, A., C. y P. Rojas G. 2006.** Incidencia de las enfermedades en uchuva *Physalis peruvianum* L. por estado fenológico y de acuerdo con la ubicación en los diferentes estratos de la planta, en el departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 87 p.
- Gordillo, O.P., G. Fischer y R. Guerrero. 2004.** Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania (Cundinamarca). Agronomía Colombiana 22(1): 64-73.
- Gupta, S.K., S.K. Roy. 1981.** The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Indian Journal Agricultural Science 51(5): 353-355.

- Hernández, M. S. 2001.** Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de **diferentes** técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Herrera, A. 2000.** Manejo poscosecha *In:* Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (Eds.) Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 109-127.
- Herrera M. A. M., J. D. Ortiz A., G. Fischer and M. I. Chacón S. (2011).** Behavior in yield and quality of 54 gooseberry (*Physalis peruviana* L.) accessions from North-eastern Colombia. *Agronomía Colombiana* 29: 189-196.
- Iglesias, D.J., I. Lliso, F. Tadeo y M. Talón. 2003.** Regulation of photosynthesis through source-sink balance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. *Plant Physiol.* 116, 563-57.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). 1999.** Frutas frescas: uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Bogotá, Colombia. 15 p.
- Kays, S. 1997.** Postharvest physiology of perishable plants products. Exón Press, Athens, GA. pp. 263-278
- Lanchero, O., G. Velandia, G. Fischer, N. Varela y H. García. 2007.** Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en postcosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica–Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8: 61-68.
- Lee, S. K., Kader A. A. 2000.** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Ligarreto A. G., M. Lobo, A. Correa. 2005.** Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. *In:* Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Fischer G., D. Miranda, W. Piedrahita, J. Romero (Eds.) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp. 9-26.

- López, A. F., N. Guio T., G. Fischer y D. Miranda L. 2008.** Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 61: 4347-4357.
- López, S. 1978.** Un nuevo cultivo de alta rentabilidad la uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Esso Agrícola 25: 21-28.
- Loomis, W.D. y R.W. Durst. 1992.** Chemistry and biology of boron. BioFactors 3, 229-239.
- Marcelis, L. 1992.** The dynamic of grow and dry matter distribution in cucumber. Ann. Bot. 69, 487-492.
- Márquez, C. C. J., O. Trillos G., J. R. Cartagena V., J. M. Cotes T. 2009.** Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Vitae 16(1): 42-48.
- Marschner, H. 2002.** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London
- Martínez, F., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2008.** Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 26:389-398.
- Martínez, F., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2009.** Síntomas de deficiencia de macronutrientes y boro en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Agronomía Colombiana 27:169-178.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, B. Chaves. 2003.** Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). Agronomía Colombiana 21(3): 175-189.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, M. C. de Valencia. 2006.** Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (*Solanaceae*). Acta Biológica Colombiana 11(1): 69-81.

- Mendoza, J. H., Millán, C. P., Rodríguez, A. 2012.** Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*. 10: 188-196.
- Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten y T. Appel. 2001.** Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. 849 p.
- Mora, A., R., A. Peña L., E. López G., J. Ayala H., y D. Ponce A. 2006.** Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 12:57-63. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2005.10.011>
- Moreno, N., H., J. Álvarez-Herrera, H. Balaguera-López y G. Fischer. 2009.** Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. *Agronomía Colombiana* 27: 341-348.
- Morton F., J. 1987.** Cape Gooseberry, pp. 430-434. *In: Fruits of Warm Climates.* MORTON F., J. (Edit). University of Miami. Media Incorporated. Miami, FL.
- National Research Council (NRC). 1989.** Golden berry (cape gooseberry). *In: Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation.* Office of International Affairs (Ed.). National Academic Press. Washington, D.C. pp. 241-250.
- Narváez, M. 2003.** Producción SIENA. Editorial AGROAPOYO. Centro Agropecuario Los Andes. Bogotá, Colombia. pp. 165.
- Navarro, B. S. y G. Navarro G. 2003.** Química agrícola. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 487 p.
- Norma del CODEX para la uchuva (CODEX STAN 226-2001).** Disponible en: http://www.fao.org/input/download/standards/368/CXS_226s.pdf
- Novoa, R., M. Bojaca, J. Galvis y G. Fisher. 2006.** La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C. *Agronomía Colombiana* 24: 77-86.

- Official Methods of Analysis of AOAC International. 1998.** AOAC International. Gaithersburg, Maryland, USA. pp. 10-18
- Oliver, A., M. 2009.** Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig, España. 285 p.
- Palme, W. 2002.** New cultivation systems for *Physalis peruviana* L.; Effects on quality, physiology, productivity and storage. HBLVA für Gartenbau, pp. 340-343. In: Forschungsprojekt. Versuchsjahre 2000-2002. Wien, Germany.
- Pantastico, E. 1981.** Fisiología de post-recolección. Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Limusa S. A. México. pp. 812-815.
- Pinilla, G., C. y J. García, C. 2002.** Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (*Musa AAA*). In: Memorias XV reunión Asociación de Bananeros en Colombia. Cartagena de Indias, Colombia. pp 222-235.
- Puente. L. A., C.A. Pinto M., E. S. Castro., M. Cortés. 2010.** *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Research International 44: 1733-1740.
- Repo, C. R., C. R. Encina Z. 2008.** Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú 74(2) 108-124.
- Rodríguez, M. 2003.** Estudio de la conservación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) utilizando los métodos de atmósfera modificada, refrigeración y encerado. Trabajo de grado. Departamento de química, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 123 p.
- Sabino., L. J. E. 2015.** Influencia del clima y manejo agronómico sobre la producción y calidad de *Physalis peruviana* L. Tesis de Doctorado en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 93 p.

- Sabino L., J. E., M. Sandoval V., G. Alcántar G., C. Ortiz S., M. Vargas H., T. Colinas L. 2016.** Fenología de *Physalis peruviana* L. cultivada con base en tiempo térmico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 17: 3521-3528.
- Sanabria, S. 2005.** Situación actual de la uchuva en Colombia *In:* Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp.1-8.
- Sanchez A., A. B. 2019.** Manejo de *Fusarium oxysporum* sp. *physali* y *Rhizoctonia solani* en *Physalis peruviana* L. mediante nutrición mineral. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 78 p.
- Sandoval-Villa, M., E. A. Guertal, and C. W. Wood. 2001.** Greenhouse tomato response to low ammonium-nitrogen concentrations and duration of ammonium-nitrogen supply. Journal of Plant Nutrition. 24: 1787-1798. <https://doi.org/10.1081/PLN-100107312>
- Sanjinés, A., A., B. Ollgaard y H. Balslev. 2006.** Frutos comestibles. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 557 p.
- SAS Institute (2002)** SAS/STAT® User´Guide: Statistics Version 9, Cary, NC, USA. 956 p.
- Smith, A. C., Waldron, K. W., Maness, N., Perkins-Veazie. 2003.** Vegetable texture: measurement and structural implications. *In:* Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. Bartz J. A. (Ed.). Marcel Dekker New York, USA. pp. 297-329

- Steiner, A. A. 1984.** The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Lunteren. The Netherlands. pp 633-649.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006.** Plant physiology. 2a ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tapia, C., A. 2014.** Influencia del ambiente y manejo sobre la morfología, rendimiento y calidad de *Physalis peruviana* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 78 p.
- Tucker, G. A. 1993.** Introduction. *In*: Biochemistry of Fruit Ripening. Seymour G., Taylor J. E., Tucker G. (Eds). Chapman & Hall, London. UK. pp. 1-51.
- Valencia, M. 1985.** Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Biológica Colombiana 1(2): 63-89.
- Wild, A. y L.H.P. Jones. 1992.** Nutrición mineral de las plantas cultivadas. pp. 73-119. *En*: Wild, A. (ed.). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid.
- Wu, S. Y., D. L Huang and S. Wang. 2005.** Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 28:963-966.
- Yeh, D. M., L. Lin. and J. Wright. 2000.** Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot/root ratio of *Spathiphyllum*. Scientia Horticulture 86:223-233.
- Zapata J., L., A. Saldarriaga, M. Londoño y C. Díaz. 2002.** Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Centro de Investigación La Selva, Corpoica Ríonegro, Antioquia, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, "Corpoica". Boletín Técnico 14.